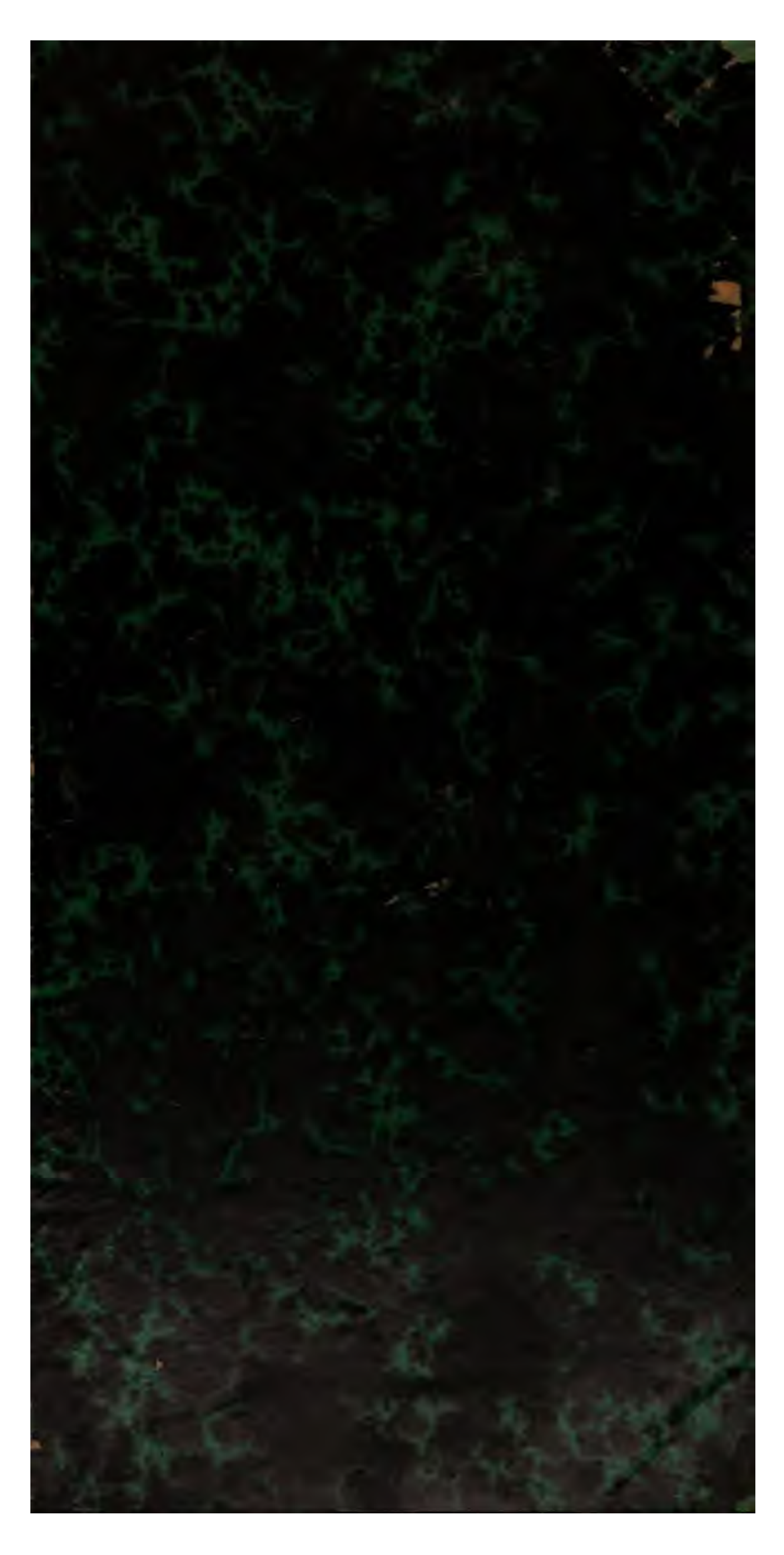
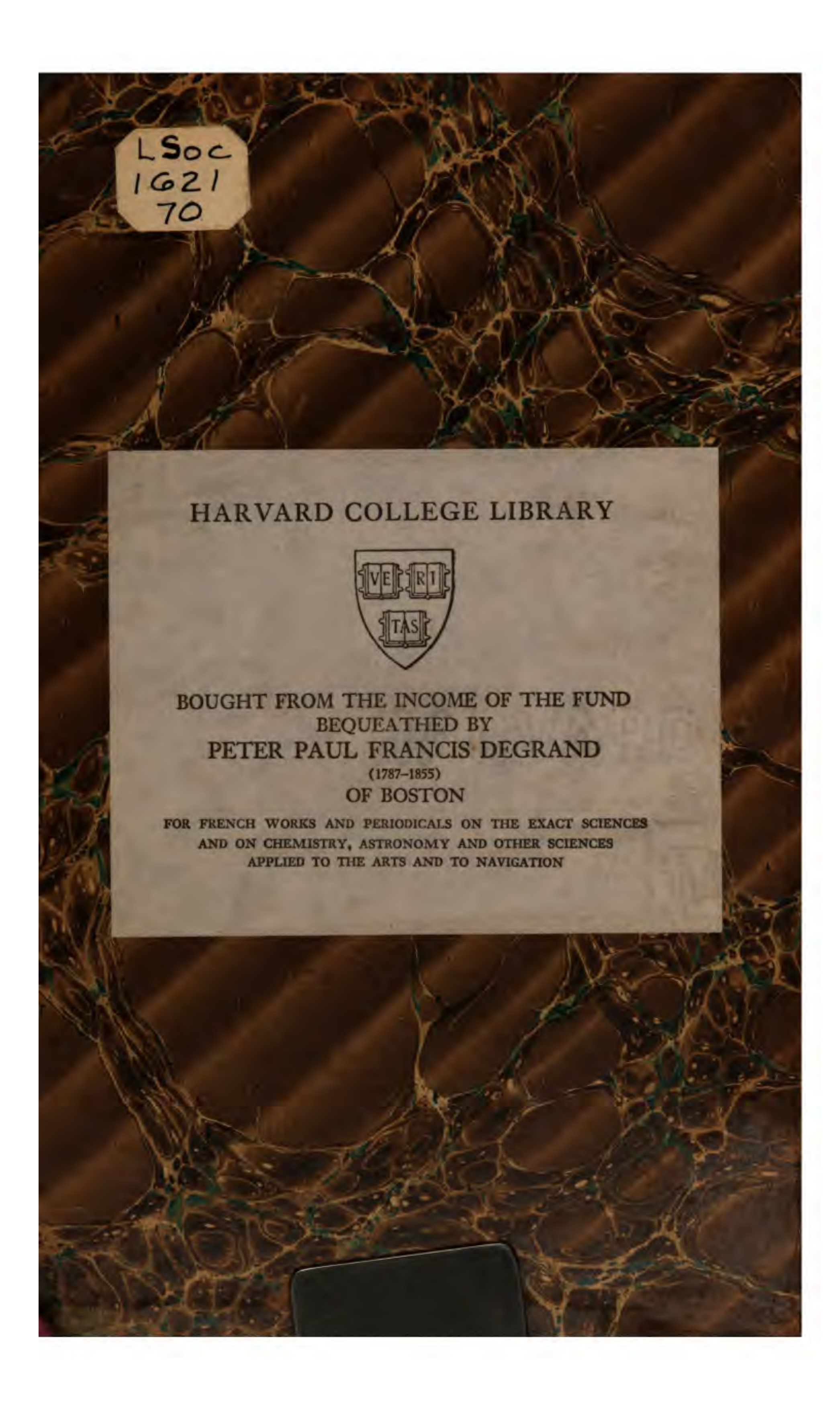
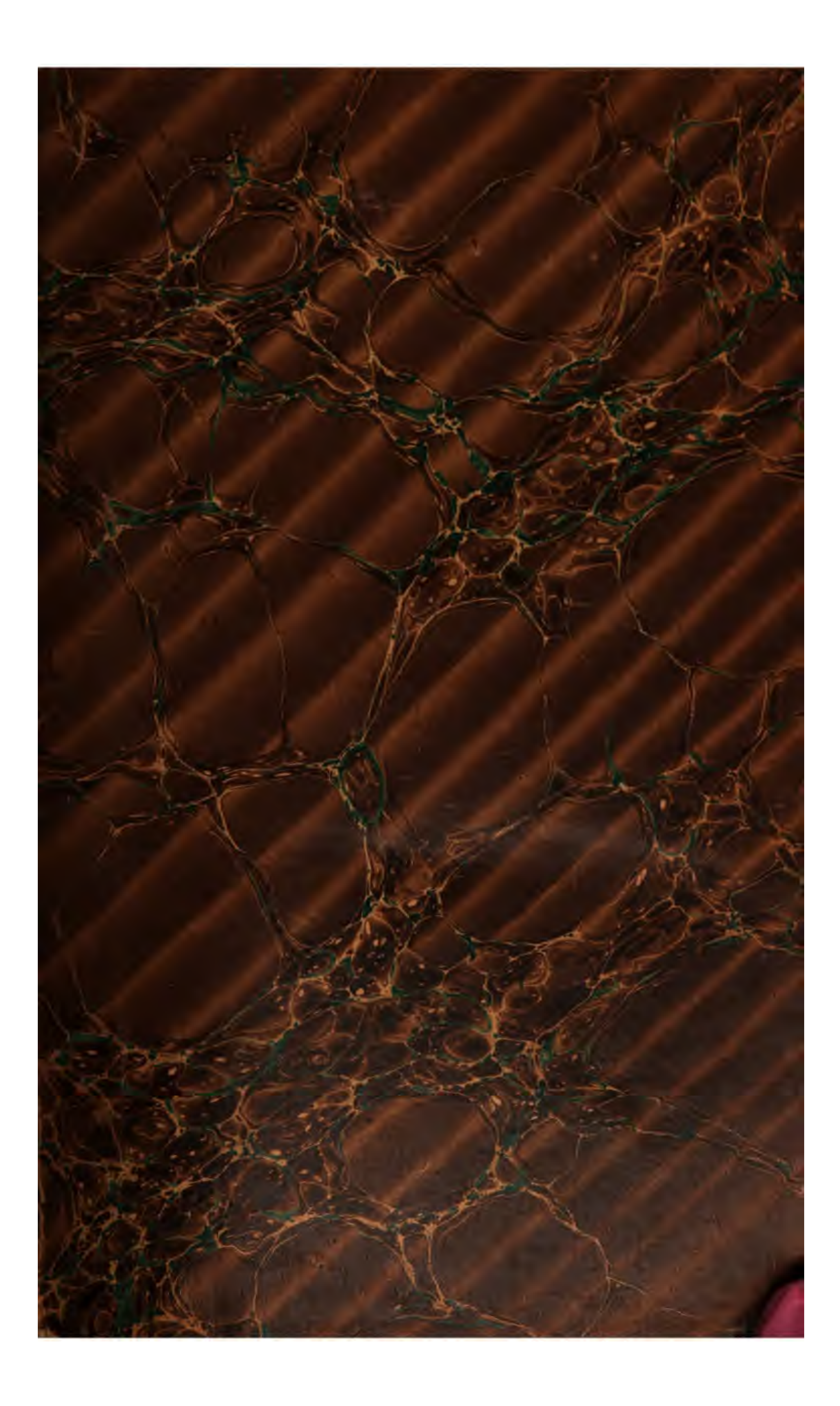
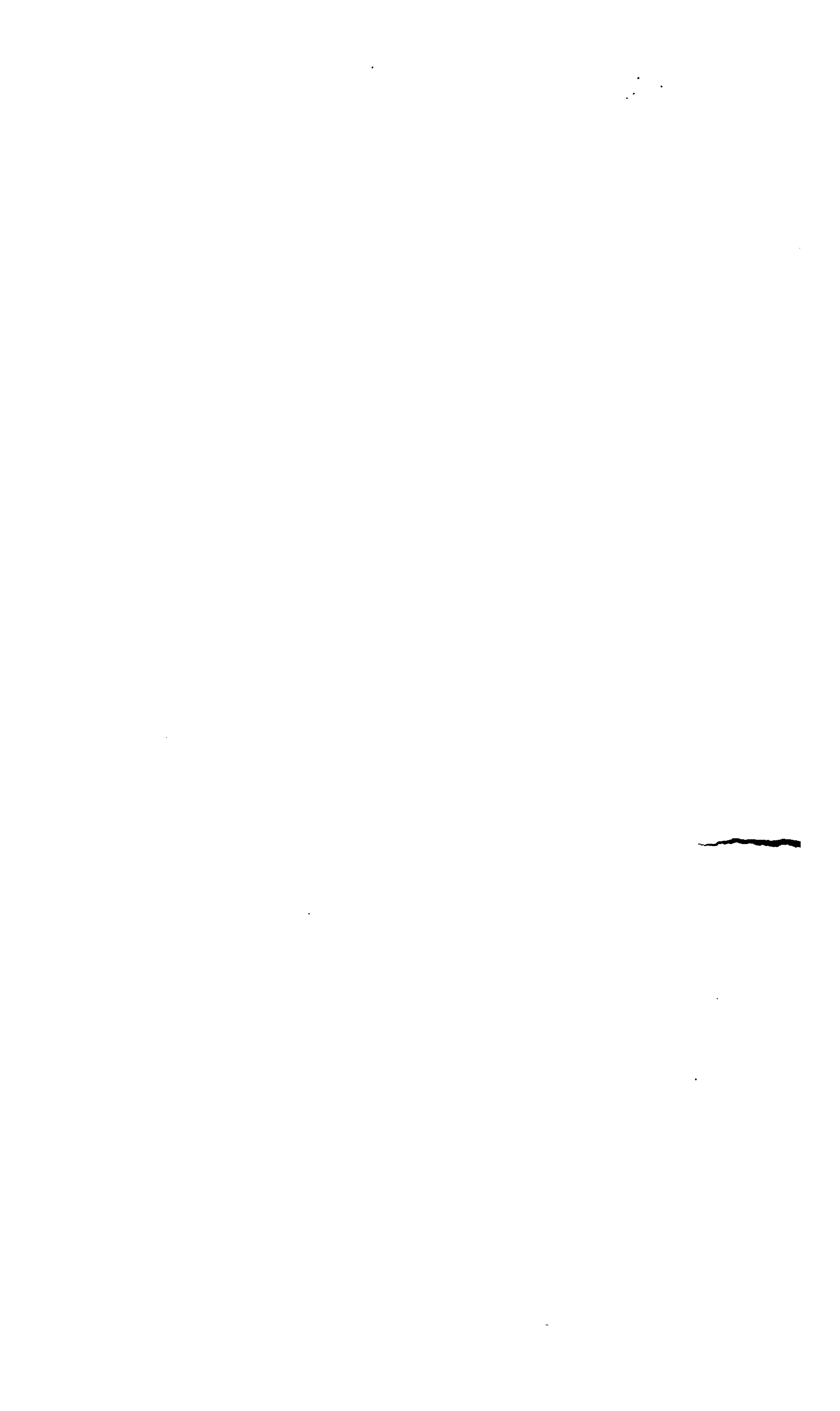



LSoc
1621
70
HARVARD COLLEGE LIBRARY
VE RI TAS
BOUGHT FROM THE INCOME OF THE FUND
BEQUEATHED BY
PETER PAUL FRANCIS DEGRAND
(1787–1855)
OF BOSTON
FOR FRENCH WORKS AND PERIODICALS ON THE EXACT SCIENCES
AND ON CHEMISTRY, ASTRONOMY AND OTHER SCIENCES
APPLIED TO THE ARTS AND TO NAVIGATION





BULLETIN HEBDOMADAIRE

DE

L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE

DE FRANCE.

BULLETIN HEBDOMADAIRE

DE

L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE

DE FRANCE.

DEUXIÈME SÉRIE.

—

TOME VIII.

OCTOBRE 1883 A MARS 1884.

—

La première série se compose de 25 Volumes.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS ET DE L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE,

Quai des Augustins, 55.

—

1883

AVIS COMPLÉMENTAIRE.

Le *Bulletin hebdomadaire*, publié avec le concours de la Commission scientifique et des Membres de la Société, paraît régulièrement le dimanche, par cahier de seize pages, et est expédié à domicile aux souscripteurs. Il forme chaque année deux volumes de quatre cent cinquante pages chacun. Il contient les nouvelles scientifiques de France et de l'étranger, ainsi que divers documents scientifiques adressés au Président.

Les Membres qui payent une cotisation annuelle de 15^{fr} reçoivent le BULLETIN *gratuitement*.

Le prix de l'abonnement est également de 15^{fr} pour les personnes qui ne sont pas Membres et qui résident en France. Pour l'étranger, les souscripteurs payent en sus le prix du port, fixé par les tarifs de la poste.

Les Membres ont droit d'assister à toutes les conférences et autres séances de l'Association scientifique.

Toutes les personnes qui désirent faire partie de l'Association doivent en faire la demande au Président, qui les admet, à moins d'avis contraire donné par le Conseil.

On devient **Membre perpétuel** en rachetant la cotisation annuelle par un versement unique de **cent cinquante francs**, lorsqu'on ne s'abonne pas au *Bulletin*, ou de **deux cent vingt francs**, lorsqu'on veut recevoir gratuitement le *Bulletin*.

Tout abonnement est d'une année au moins.

Il continue d'année en année tant qu'il n'est pas dénoncé par écrit. La dénonciation doit être effectuée avant le mois d'avril, époque où l'Administration a fait les frais du service annuel.

Toute demande de changement d'adresse doit être accompagnée de l'envoi de $0^{fr},50$.

Toute demande de numéros supplémentaires doit être accompagnée de l'envoi de $0^{fr},25$ par numéro.

Les abonnés voudront bien envoyer, sans attendre une réclamation, le prix de l'année courante.

Les demandes d'abonnements, les mandats, toutes les communications administratives et scientifiques doivent être adressés à *M. le Président de l'Association Scientifique* (Secrétariat de la Faculté des Sciences, à la Sorbonne).

Les mandats doivent être au nom du Trésorier de l'Association, M. le baron THENARD, membre de l'Institut.

BULLETIN HEBDOMADAIRE

DE

L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE

DE FRANCE.

2e SÉRIE. — HUITIÈME VOLUME.

7 OCTOBRE 1883. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 184.

Notice sur le voyage de la « Jeannette » et les observations scientifiques circompolaires,

Par M. A. BELLOT, lieutenant de vaisseau.

Nous empruntons au *Bulletin de la Société de Géographie*, recueil trimestriel d'une grande importance et pas assez connu, la majeure partie d'un article sur le voyage d'exploration de la *Jeannette*, qui a excité à un haut degré l'intérêt des amis des Sciences.

§ 1. — *Considérations préliminaires.*

Poussées par leur politique commerciale, l'Angleterre d'abord et, après elle, la plupart des autres nations maritimes, ont depuis quatre siècles cherché à travers les mers arctiques un passage abrégeant pour leurs navires les communications avec la Chine et les Indes. Les glaces qui obstruent presque constamment les côtes de la Sibérie septentrionale firent, après plusieurs essais, renoncer au passage du nord-est, c'est-à-dire par le nord de l'Europe, et presque tous les efforts se portèrent au nord de l'Amérique, en vue de la découverte du passage du nord-ouest.

De nombreux et intrépides voyageurs se donnèrent pour but la solution de ce problème; leurs noms appartiennent désor-

(1) Ce Bulletin est destiné spécialement aux membres de la Société de Géographie. Pour faire partie de cette compagnie savante, il suffit d'être présenté par deux membres et reçu par la Commission centrale. La cotisation annuelle est de 36 francs et le droit de diplôme de 25 francs (une fois payé). Le siège de la société est à Paris, boulevard Saint Germain, n° 184.

mais à la géographie de ces contrées : Davis, Hudson, Baffin, Behring et tant d'autres. Mais si chacun d'eux découvrit des terres nouvelles, tous échouèrent quant au but à atteindre. Après la terrible catastrophe de l'*Erebus* et de la *Terror*, après la mystérieuse disparition de Sir John Franklin et des 138 hommes composant ses équipages, n'y eut pas moins de 19 expéditions envoyées à leur recherche. On en connaît les principaux résultats : Mac-Clure, venu par le détroit de Behring, découvrait en 1850 le passage du nord-ouest ; en 1859, Mac-Clintock trouvait sur la Terre du roi Guillaume les tristes débris de l'expédition de Franklin ; enfin, et grâce à une pléiade de héros, les cartes de ces contrées pouvaient être établies à peu près dans leur état actuel.

Mais que de temps et d'efforts, que de douloureux sacrifices ont coûté tous ces résultats ! On raconte dans certaine légende qu'un génie malfaisant est préposé à la garde de trésors cachés qu'il ne se laisse ravir qu'en échange de victimes humaines ; c'est l'histoire des découvertes polaires, car il n'y a pas un nom sur la carte de ces parages qui ne révèle celui d'un navigateur intrépide, et trop souvent, hélas ! d'un martyr de la Science et de l'humanité.

Le passage du nord-ouest était donc trouvé, mais reconnu impraticable ([1]), et la solution négative de ce problème fit, par un enchaînement naturel, changer de face la question polaire.

Ce que l'on chercha désormais fut de découvrir des terres et d'atteindre le pôle.

Le pôle ! que se passe-t-il au pôle ?

Que de fables et de merveilles racontées à ce sujet ! Nous n'en sommes plus, il est vrai, au temps de ce bon anachorète qui, se vantant d'avoir voyagé jusqu'au bout du monde (et par le bout du monde il entendait le pôle), assurait « s'y être frappé la tête contre le ciel, lequel en cet endroit touche la terre » ; d'autres voyageurs « avaient vu le pôle d'assez près pour distinguer parfaitement l'axe terrestre qui rattache notre planète au ciel ».

A ces fables amusantes ont succédé de notre temps des suppositions fort nombreuses : on a parlé de la configuration du terrain, du printemps perpétuel qui y règne, de découvertes ou plutôt de trouvailles importantes à y faire, de fortunes commerciales à y établir par la vente des fourrures et de l'huile des animaux qui y vivent, etc., etc.

([1]) Il est à remarquer, du reste, qu'avec le temps l'importance de ce passage a considérablement diminué, tant par suite de la création de la marine à vapeur que par le percement exécuté ou projeté des isthmes de Suez et de Panama.

La vérité, nul ne la sait encore; aucun homme ne s'est approché du pôle à une distance moindre que 750^{km} ([1]) et il est certain que nous connaissons infiniment mieux ce qui existe dans l'hémisphère de la Lune tourné vers nous que ce qui se passe dans les régions avoisinantes de nos deux pôles.

Le pôle est-il formé d'une calotte solide de terres ou de glaciers impénétrables aux navires? Y existe-t-il, au contraire, une mer libre et accessible en certaines saisons? Bien des raisons, appuyées sur le peu que l'on connaît des régions polaires, militent également en faveur de l'une et de l'autre de ces hypothèses, et bien des tentatives ont été faites pour résoudre ce problème, pour satisfaire ce besoin de pénétrer l'inconnu qui est une généreuse préoccupation de nos sociétés.

Un coup d'œil d'ensemble sur les voyages les plus remarquables accomplis depuis le départ de la *Jeannette* nous permettra de juger sciemment l'importante question de la route à suivre, route qui se déduit de l'étude des glaces et surtout des courants polaires.

Dans le bassin arctique arrivent deux courants chauds : par l'ouest de l'Europe, c'est une branche du grand courant de l'Atlantique, le Gulf-Stream; par le détroit de Behring, c'est le courant japonais ou Kuro-Siwo, qui est lui-même une dérivation du courant équatorial du Pacifique. Par contre, deux courants froids, ou peut-être les deux branches séparées d'un seul et même courant froid, descendent du pôle par l'est et par l'ouest du Groënland, entraînant avec eux des masses énormes de glaces qui viennent se fondre dans les eaux de l'Atlantique.

Il semblerait donc que la meilleure route pour arriver au pôle dût être de suivre soit le Gulf-Stream, soit le courant du Japon, puisque l'un et l'autre se dirigent vers le nord. Ce sont cependant les deux autres voies, consistant à remonter le courant sud polaire qui ont été le plus fréquemment employées, car elles présentent, comme nous allons le voir, certains avantages dus à la direction même de ce courant.

C'est en effet en remontant par l'ouest du Groënland que les Américains Kane en 1854, et Hayes en 1860, virent la mer libre au delà du détroit de Smith ([2]); mais leurs navires, emprisonnés dans les glaces du détroit, ne purent gagner ces eaux libres, et même l'un d'eux dut être abandonné par son équipage ([3]).

([1]) Il est ici question du pôle Nord, car il s'en faut de beaucoup qu'on ait pénétré aussi loin vers le Sud.

([2]) Situé au nord du Groënland et faisant communiquer la baie de Baffin avec l'océan Glacial Arctique.

([3]) Le brick *l'Advance* qu'avait frété M. Grinnell.

En 1871, l'Américain Hall suivit la même route à bord du *Polaris*, mais il mourut à la tâche, et le retour de son équipage fut un véritable drame : un jour le *Polaris*, pressé de tous côtés par d'énormes masses de glaces, allait être broyé; sa perte était imminente, et déjà l'on en débarquait du matériel et des vivres, lorsque soudain une violente rafale sépara de lui une partie de la banquise sur laquelle se trouvaient dix-sept personnes et qui, entraînée par le courant, s'en alla dérivant vers le sud et fut bientôt hors de vue. Les vivres étaient rares sur cet étrange radeau de glace que ne dirigeait aucun gouvernail, et c'est au milieu des angoisses les plus vives que les malheureux y vécurent; parfois ils voyaient la terre, mais sans pouvoir l'atteindre; parfois encore la glace se brisait et une partie de leur bloc flottant se détachait de lui-même, réduisant ainsi l'espace où se mouvoir! Depuis cent quatre-vingt dix-sept jours durait ce supplice, quand enfin le baleinier *la Tigresse* trouva et recueillit ces infortunés (1); on ne les eût certainement jamais revus sans la direction sud du courant qui les avait entraînés.

C'est aussi par cette même route du détroit de Smith que partit en 1875 l'expédition anglaise composée de deux navires, *l'Albert* et *le Discovery*, sous les ordres du capitaine Nares; ils purent atteindre le 83e degré de latitude, mais le bassin polaire se présenta au nord du détroit Robeson sous la forme d'un affreux chaos de glaciers absolument impraticables pour des traîneaux, et ils durent, l'année suivante, rentrer en Angleterre.

Il est à remarquer, du reste, que le détroit de Smith, ainsi que tous les canaux resserrés de ces parages, se trouve d'autant plus engorgé de glaces que la saison a été plus chaude et la mer plus libre dans le nord : cette saison chaude ayant en effet créé dans le bassin polaire une grande débâcle des glaces, celles-ci, à demi brisées, dérivent vers le sud et obstruent les passages. Si, au contraire, par suite d'une saison dure, il n'y a pas eu de débâcle dans le nord, ces mêmes canaux et détroits se trouvent comparativement libres de glaces et la navigation y est plus facile.

C'est pour éviter cet engorgement du détroit de Smith qu'une expédition allemande fut faite en 1869-70 par l'est du Groënland; elle ne put dépasser la latitude de 77° N. L'un des navires, la *Germania*, passa un hiver dans la banquise avec des froids de 40° C.; l'autre, la *Hansa*, fut broyé par les glaces, et son équipage, composé de quinze hommes réfugiés sur un glaçon, fut pendant cinq mois entraîné à la

(1) Nous retrouverons à bord de la *Jeannette* le matelot charpentier Nindermann, qui était de ce terrible voyage.

dérive par le courant sud polaire; il finit par atterrir sur la côte du Groënland, où il trouva des secours.

Ainsi donc, pour remonter au nord par l'est ou l'ouest du Groënland, on a contre soi le courant polaire, mais au moins les malheureux équipages forcés d'abandonner leurs navires se voient, par ce courant même, ramenés vers le sud, c'est-à-dire vers des secours pour ainsi dire certains.

Avec l'un ou l'autre des deux courants qui se dirigent vers le pôle, le contraire se présente, et, en ce qui concerne le Gulf-Stream, nous en avons un exemple dans l'expédition autrichienne du *Tegethoff*, que commandait le lieutenant Weyprecht, de la marine autrichienne. Il était accompagné d'un officier d'infanterie, M. Payer. Saisi par la banquise, en août 1872, à la pointe nord de la Nouvelle-Zemble, le *Tegethoff* fut pendant vingt-deux mois entraîné vers le nord, et les terres François-Joseph (inconnues jusqu'alors) (1) purent seules arrêter le mouvement de dérive de cette énorme masse de glaces de 40 pieds d'épaisseur. Au delà de ces terres, la mer libre leur apparut, mais, toujours prisonniers de la banquise, ils n'en purent profiter. En mai 1874, n'ayant plus l'espoir de voir de longtemps leur navire à flot, et devant l'horrible appréhension de mourir de faim, ils abandonnèrent le *Tegethoff* pour commencer la retraite vers le sud. On se fera une idée des difficultés énormes qu'ont parfois à vaincre les expéditions sur la glace en apprenant que, reportés en arrière par la dérive de la banquise, au bout de deux mois de peines et d'innombrables fatigues, les naufragés du *Tegethoff* n'étaient encore qu'à deux milles de leur navire. Bref ils purent arriver à la Nouvelle-Zemble; mais on voit que, sans l'existence des terres François-Joseph, le vaillant équipage du *Tegethoff*, entraîné vers le nord, était à jamais perdu (2).

Quant au courant du Japon, son action n'est pas moins sensible. Après avoir traversé le détroit de Behring (3), c'est lui qui, s'inclinant à l'est, rend chaque année les abords de la pointe Barrow (4) libres de glaces; c'est à lui qu'est dû le mouvement de dérive de la banquise de ces parages, et c'est ainsi que, à bord de l'*Investigator*, Mac-Clure, entraîné par les glaces, découvrit en 1850 le passage du nord-ouest.

---

(1) Situées au nord de la Nouvelle-Zemble, par 60° de longitude Est et 80° de latitude Nord.

(2) En 1880, c'est-à-dire six ans après, M. Leigh Smith, sur le vapeur anglais l'*Eira*, passa en cet endroit même où était resté le *Tegethoff*; la mer y était absolument libre de glaces, et il n'existait aucune trace visible du navire abandonné.

(3) Avec une vitesse de 5 nœuds d'après Cook, ou de 3 nœuds d'après les observations récentes du capitaine Hooper.

(4) Située au nord de la terre d'Alaska.

A l'ouest du détroit de Behring, c'est sans doute aussi une de ses dérivations qui longe la côte nord d'Asie et donne naissance au courant ouest, noté par Nordenskiöld lors du passage de la *Véga*.

Enfin ce courant fait sentir, comme nous le verrons plus loin, son influence au nord-est et au nord-ouest; mais, directement au nord, il ne parvient pas à fondre les glaces fixes que l'on trouve toujours dans ces parages à 6° ou 8° plus au sud que partout ailleurs ([1]). C'est que là, d'après une opinion généralement adoptée, une terre ou une chaîne d'îles doit exister à peu près dans le nord-est de l'île Wrangell ([2]), s'étendant vers le pôle. Si, en effet, lors des saisons les plus favorables, et malgré les effets étonnants de l'énorme quantité de chaleur diffusée par le courant du Japon, la navigation se trouve, au nord du détroit de Behring, arrêtée par les glaces dès 73° de latitude (tandis que l'on peut sur la côte est du Groënland remonter jusqu'à 80°), c'est que l'on n'a point affaire là à une glace de haute mer, mais bien à une banquise solidement appuyée sur des terres. Il existe, du reste, chez les peuplades Tchoukotches des légendes au sujet de certains de leurs compatriotes qui se seraient rendus, à travers la banquise, à une grande terre située dans le nord. Mais un fait plus positif de l'existence de cette terre, c'est que chaque année, au printemps, on voit à la pointe Barrow des oiseaux de passage, et entre autres des oies arctiques s'envoler vers le nord; en août et septembre, ils reviennent accompagnés de leurs petits. Or ces oiseaux ne peuvent se nourrir que sur terre; il y a donc dans le nord des terres ou des îles, encore inconnues, mais que l'on découvrira tôt ou tard.

Dans le nord-ouest de l'île Wrangell et s'étendant même au nord de la Nouvelle-Sibérie ([3]), existerait au contraire un vaste bassin polaire, la *Polynia* des Russes, c'est-à-dire la mer libre de glaces, la mer « ouverte », dont l'existence a été constatée par divers explorateurs russes, Hendeström en 1810, l'amiral Wrangell, le lieutenant Von Anjou en 1824, etc., mais dont on ne connaît au juste ni l'importance ni les limites extrêmes.

Que la navigation y soit souvent, sinon toujours possible, c'est l'opinion du savant géographe polaire Petermann, et aussi du plus grand nombre des voyageurs arctiques de toutes nations.

([1]) Leur limite moyenne se trouve ici à peu près sur une ligne allant de la pointe Barrow à l'île Herald.

([2]) L'île Wrangell est située au nord de la partie orientale dite Sibérie, vers le 180° degré de longitude Est.

([3]) Groupe d'îles situées par 75° de latitude Nord et entre le 135° et le 148° degré de longitude Est.

C'est sans doute grâce à l'influence de cette « Polynia », probablement formée par l'apport des eaux chaudes des deux courants septentrionaux, qu'en certaines années, et par la réunion de circonstances atmosphériques favorables, les côtes nord de la Sibérie se trouvent dégagées de glace. C'est ainsi qu'en 1879 Nordenskiöld trouva la route libre non loin des terres, et put pour la première fois effectuer complètement, à bord de la *Véga*, le passage du nord-est.

Quelle est au nord la limite de cette « Polynia »? Nul encore ne peut le dire; mais il est certain qu'un navire qui, aidé par les circonstances, pourrait arriver par cette voie plus au nord que partout ailleurs, acquerrait, par cela même, un grand nombre de chances en sa faveur pour résoudre le problème polaire.

C'est ce que voulait tenter notre regretté compatriote Gustave Lambert, et il est à peine besoin de rappeler ici comment échoua son projet. Fortement convaincu, Gustave Lambert avait parcouru la France pendant trois ans, faisant des conférences et ouvrant une souscription publique pour réaliser les 600 000 francs nécessaires à son entreprise; le succès allait couronner ses efforts lorsque la guerre éclata, et il fut tué à Buzenval, en janvier 1871.

Cette route qu'il voulait suivre, c'est la même qui, dix ans plus tard, a été prise par l'expédition américaine de la *Jeannette*.

(*La suite au prochain cahier.*)

Note sur la possibilité d'augmenter les eaux d'irrigation du Rhône, à l'aide de la régularisation du lac de Genève,

Par M. Ar. DUMONT.

Dans la séance du 19 mars dernier ([1]), j'ai déjà appelé l'attention de l'Académie sur l'importante question d'augmenter le volume d'irrigation qu'on pourra puiser dans le Rhône, à l'aide de réserves à établir dans les lacs de Genève, du Bourget et d'Annecy. En ce qui concerne le lac de Genève, je suis heureux d'annoncer à l'Académie que cette question vient de faire un pas très important et décisif.

Dans ces temps derniers, les administrateurs de la ville de Genève, frappés des immenses avantages qu'il y aurait pour la ville à utiliser les forces motrices du Rhône à sa sortie du lac et à régulariser le niveau de ce dernier, de manière à abaisser ses hautes eaux et éviter par là les réclamations

---

([1]) Voir le Bulletin n° 160, page 49.

séculaires du canton de Vaud, ont chargé trois habiles ingénieurs, MM. Legler, Turrettini et Achard, d'étudier un projet dont le double but serait :

1° Création d'une force hydraulique de 7000 chevaux-vapeur, ce qui permettrait de créer à la porte de Genève une nouvelle ville industrielle ;

2° Régularisation du niveau du lac, de manière à abaisser son niveau des hautes eaux de $0^{m},60$ au moins et d'*augmenter le débit minimum du Rhône à la sortie du lac de* 80^{mc} *par seconde.*

On voit de suite l'immense intérêt que présenterait la réalisation de ce projet, non seulement pour la ville de Genève, mais encore pour le midi de la France, qui attend depuis tant d'années les eaux d'irrigation qui seules peuvent compenser, pour son agriculture si éprouvée, les désastres successifs dont elle a été frappée depuis quinze ans.

Si, en effet, le débit des basses eaux du Rhône peut être augmenté de 80^{mc} par seconde, les objections qui ont été faites à l'exécution de mon projet (qui ne prélèverait que 60^{mc} par seconde) au point de vue de la navigation tombent complètement; rien ne s'oppose plus à ce qu'on passe enfin à une exécution si malheureusement retardée jusqu'ici. En effet, cette exécution aurait fait gagner déjà, depuis quelques années, à l'agriculture du bassin du Rhône, plusieurs *centaines de millions;* on peut donc donner suite à la loi de décembre 1879, qui a déclaré l'utilité publique de mon projet, et aux souscriptions des intéressés, qui représentent un capital *de plus de la moitié* de la *dépense à faire.*

Le projet de la régularisation du lac de Genève, dont étaient chargés les trois habiles ingénieurs désignés ci-dessus, présentait de grandes difficultés techniques, soulevait des problèmes d'Hydraulique tout nouveaux ; il a fait d'abord l'objet d'un savant Mémoire écrit en allemand par M. Legler, qui, dans ces questions, a acquis une grande compétence et une véritable autorité par ses beaux travaux pour la correction de la Linth. Ce Mémoire a été traduit et loyalement contrôlé par M. Achard, ingénieur de la ville de Genève.

La dépense n'est pas considérable, car elle s'élèverait au maximum à 4500000^{fr}.

Cette force de 7000 chevaux, créée à la porte de Genève, pourrait être transmise à distance jusqu'aux établissements industriels qui l'emploieront, soit à l'aide de câbles, soit à l'aide de l'électricité. On songe même sérieusement à en transformer une partie en lumière électrique.

On comprend que je ne puisse pas entrer dans plus de détails, mais les savants Mémoires publiés par la ville de Genève peuvent être consultés avec un vif intérêt par tous les

hydrauliciens. Je me contente aujourd'hui de signaler ce projet à l'attention de l'Académie.

La France est puissamment intéressée à son exécution : il est urgent que, en y coopérant au besoin par une subvention, elle obtienne toutes les garanties nécessaires pour l'augmentation des basses eaux du Rhône, dans l'intérêt de son augmentation et d'une rapide exécution.

Notice sur le nouvel équatorial (système Lœwy) de l'Observatoire de Paris,

Par M. HÉMENT.

Le Recueil intitulé *la Nature* a donné dans un de ses derniers numéros une grande figure de cet appareil remarquable, dont la disposition ingénieuse est due à M. Lœwy, sous-directeur de cet établissement. Commencé sous l'administration de M. Delaunay, interrompu pendant la guerre, il vient d'être achevé grâce à une nouvelle libéralité de M. Bischoffsheim.

L'équatorial est un des instruments essentiels de l'Astronomie : on nomme ainsi une lunette à l'aide de laquelle on peut observer un astre situé en un point quelconque au-dessus de l'horizon et qui permet, par conséquent, de suivre cet astre pendant toute la durée de sa marche apparente, de manière que rien n'échappe à l'observateur attentif ni des incidents de la route, ni des modifications qui peuvent survenir dans la forme, l'éclat ou les dimensions.

Les équatoriaux doivent être gigantesques pour répondre aux besoins de l'Astronomie moderne; comme pour les canons, chaque nouvel appareil a des dimensions plus grandes que celles des anciens, mais on ne vise pas les corps célestes dans le but de les détruire. Tout le monde a pu voir sur la terrasse de l'Observatoire la coupole qui abrite l'équatorial et juger ainsi de la grandeur de l'appareil, qui n'est pourtant pas un des plus grands. Le poids en est considérable, ce qui en rend les mouvements pénibles malgré la simplicité et la perfection du mécanisme à l'aide duquel s'effectue la manœuvre.

L'astre observé se déplace sans cesse dans le ciel, ce qui nécessite un déplacement correspondant de l'appareil et de l'observateur, non seulement de droite à gauche ou inversement, mais de haut en bas ou de bas en haut. En outre, la coupole même doit être mise en mouvement et tourner autour de son axe, afin que l'ouverture qui s'y trouve pratiquée puisse être constamment amenée vis-à-vis de la lunette. L'observation exige donc, pour ne parler que des mouvements principaux, celui de la lunette, celui de l'observateur et celui de la coupole. Si l'on ajoute que l'observateur est obligé de s'asseoir ou de

s'étendre horizontalement, quelquefois d'une façon fort incommode, on voit que, d'une part, la durée des observations se trouve diminuée du temps employé à la manœuvre, et que, d'autre part, la fatigue de l'astronome nuit à l'exactitude de l'observation.

Ces inconvénients sont tellement sérieux que dans certains cas, lorsqu'il s'agit, par exemple, de la recherche des comètes, où il faut fouiller l'espace sur une grande étendue, l'astronome est forcé de renoncer à l'emploi des grands équatoriaux et se trouve réduit à faire usage d'appareils plus petits et moins avantageux.

Ce ne sont pas les seuls inconvénients; il en est d'autres et d'une nature plus grave, tels que le défaut de stabilité des grands équatoriaux, qui rend impossible la mesure précise des grandes distances angulaires, les effets de flexion, le décentrage de l'objectif, si préjudiciable à la netteté des images; nous sommes ainsi en mesure d'apprécier les avantages du nouvel équatorial. Celui-ci permet, en effet, comme on va le voir : 1° de mesurer de grandes distances angulaires; 2° de faire les observations avec une aisance et une rapidité relatives. Assis sur un siège fixe, indépendant du support de l'instrument, l'astronome est là comme devant sa table, lorsqu'il écrit. L'instrument lui obéit et non lui à l'instrument.

La nouvelle lunette est coudée à angle droit; une partie est dirigée suivant l'axe du monde et peut tourner sur elle-même; par conséquent l'autre, qui lui est perpendiculaire, se meut dans le plan de l'équateur. A l'extrémité de cette dernière se trouve un miroir et au coude de la lunette, à l'intérieur, un second miroir, tous deux faisant avec l'axe un angle de 45°. Ces deux miroirs sont destinés à se renvoyer de l'un à l'autre, et enfin à l'observateur assis, ayant l'œil à l'oculaire, l'image de l'astre à observer.

La perte de lumière par le fait des réflexions successives est à peine sensible. La déformation des images qui pourrait résulter de l'emploi de miroirs d'épaisseur trop faible a été évitée. Aussi, par ses qualités optiques, le nouvel équatorial ne se trouve-t-il surpassé par aucune des lunettes de l'Observatoire. Il y a là un double résultat acquis : la mesure de grandes distances angulaires, la possibilité pour l'astronome d'explorer le ciel tout entier, sans se déplacer et en gouvernant lui-même son appareil.

Une conséquence de ces heureuses dispositions, c'est la suppression de la lourde, disgracieuse et coûteuse coupole. Elle est remplacée par un pavillon beaucoup moins vaste et d'une construction bien plus simple. Il se compose d'une partie mobile abritant la portion de la lunette qui porte l'objectif et d'une partie fixe où se tient l'observateur. Lorsqu'on

veut procéder aux observations, on éloigne la partie mobile qui roule facilement sur un chemin de fer; l'extrémité de la lunette qui porte le miroir de l'objectif se trouve ainsi à découvert, tandis que l'astronome, enfermé dans la partie fixe, comme dans son cabinet, à l'abri des intempéries, étudie les infiniment grands dans les conditions du naturaliste qui examine au microscope les infiniment petits.

Comme il est juste que tous ceux qui ont été à la peine soient à l'honneur, disons en terminant que la partie optique de l'instrument a été remarquablement exécutée par les frères Henry et la partie mécanique par MM. Eichens et Gauthier.

L'exploitation du borax en Italie.

Les sept villages du borax, les lagunes et sources boraciques de la province de Pise sont une des curiosités de l'Italie. Dans un Rapport adressé à Washington, le consul des États-Unis à Livourne donne d'intéressants détails sur l'exploitation actuelle du borax dans ces villages et la région avoisinante, qu'il a visités, et d'où l'on exporte, chaque année, en Amérique, de grandes quantités d'acide boracique. Le district où se rencontrent les sources appartient à un seul propriétaire.

Quoique toute la contrée contienne des dépôts de borax fort étendus, comme l'indiquent les vapeurs qui sortent des fissures du sol, ce n'est pas de ces sources que l'on obtient les récoltes les plus abondantes, mais bien de puits artésiens qui viennent invariablement frapper la veine du borax à une petite distance de la surface.

Toutefois on continue de creuser jusqu'à ce que le puits rende de l'eau; alors les machines sont retirées, et on laisse pénétrer l'eau dans les canaux peu profonds creusés d'avance tout autour du trou.

Cette eau ne tarde pas à s'échauffer jusqu'à l'ébullition et à s'imprégner du borax qui s'élance de l'ouverture du puits artésien; après quoi l'eau est retirée et on la fait passer, pour l'évaporer, par une série de petites bassines en métal, au nombre de quinze à vingt, et disposées de manière à former une sorte de cascade.

En arrivant dans la dernière bassine, le borax est à demi solidifié, et, lorsqu'il est refroidi, il apparaît recouvert d'une mince croûte de glace. On enlève cette croûte et on l'étend sur le plancher d'une salle à dessécher, chauffée à l'aide de tuyaux. C'est ainsi que le borax se cristallise.

Les lagunes ont un aspect tout particulier pendant la sortie du borax. Lorsqu'elles sont pleines d'eau, l'ébullition est continue, s'élevant à plusieurs pieds de haut, mais la vapeur est

tout à fait gluante et désagréable, par suite de son odeur de soufre. Cette odeur pénètre tout dans les établissements; les métaux en sont particulièrement affectés.

Les instruments de cuivre appartenant aux ouvriers se trouvent peu à peu recouverts d'une couche boracique assez épaisse; les montres en argent prennent la couleur du platine. Il n'y a que l'or de la meilleure qualité qui réussisse à conserver sa couleur véritable.

La quantité de borax recueillie chaque jour dans les sept villages de la province de Pise peut être évaluée à 14 tonnes. Le nombre des ouvriers dépasse actuellement 1800, sur lesquels 800 sont exclusivement occupés à la production de l'acide. Il est à regretter, dit le consul des États-Unis à Livourne, que les sources de Morbo, un des sept villages où l'on recueille le borax, ne soient pas maintenant plus utilisées sous forme de bains; elles sont d'une certaine efficacité dans la guérison des rhumatismes. L'histoire de Toscane en fait mention et il est dit que Laurent de Médicis, l'ami de Michel-Ange, de Pic de la Mirandole et le père de Léon X, y retrouva la santé.

(*Chronique industrielle*).

Réapparition de la comète de 1812.

Cette comète, qui fut trouvée par Pons le 20 juillet 1812 — c'était la 16e qu'il découvrait en dix ans — et dont l'orbite fut calculée par Encke, est de nouveau visible. Encke lui avait assigné une période de 70ans,684; la comète, en arrivant à son heure, confirme les calculs de l'ancien directeur de l'Observatoire de Berlin. En 1812, la comète présentait l'apparence d'une nébuleuse irrégulière sans queue ou barbe; elle devint visible à l'œil nu. Le 14 septembre, le diamètre du noyau était de 5',4 et la longueur de la queue égalait 2°17'. On put l'observer pendant dix semaines. Le 23 septembre dernier, la comète, observée à l'Observatoire, présentait l'apparence d'une nébulosité ronde de 2' de diamètre et d'un éclat égalant celui d'une étoile de 7e grandeur. Le 25, cette nébulosité s'était étendue jusqu'a 4' de longueur.

D'après l'éphéméride calculée par MM. Schulhof et Bossert, de l'Observatoire de Paris, la comète ira en augmentant d'éclat.

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

10 OCTOBRE 1883. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 185.

Notice sur le voyage de la « Jeannette » et les observations scientifiques circompolaires (¹),

Par M. A. BELLOT, lieutenant de vaisseau.

§ 2. — *Voyage de la Jeannette.*

La *Jeannette* était un joli steamer de 420 tonneaux (²) que M. James Gordon Benett, le généreux et savant propriétaire du *New-York Herald*, acheta en vue d'une expédition arctique organisée à ses frais par les soins de l'Amirauté américaine. Le commandement en fut confié au capitaine de Long, de la marine nationale des États-Unis, que sa connaissance des mers polaires et la part brillante qu'il avait prise à la recherche du *Polaris* désignaient hautement pour ce poste de choix (³).

De Long vint en 1878 au Havre chercher la *Jeannette* et la conduisit à San Francisco, où, dans les chantiers de l'Etat, elle fut installée et renforcée en vue de son séjour dans les glaces.

A l'état-major du navire, composé des lieutenants Chipp et Danenhover, du chef mécanicien Melville (⁴), du docteur Ambler et du pilote des glaces Dunbar, furent adjoints le naturaliste Newcomb, et le docteur Collins, correspondant du *New-York Herald* et météorologiste distingué (⁵). L'équipage

(¹) Voir le *Bulletin* n° 184.

(²) Le coût en a été de près de deux millions de francs.

(³) Né à New-York en 1844 (d'une famille d'origine française qui quitta Bordeaux lors de la révocation de l'édit de Nantes), de Long avait épousé, au Havre, en 1870, la fille d'un de ses compatriotes, le capitaine Watton, qui fut longtemps dans cette ville le représentant de la « New-York and Havre Steamship C° ». Au moment du départ de la *Jeannette*, de Long était lieutenant, et fut peu après nommé « lieutenant-commander ».

(⁴) Ancien chef mécanicien de la *Tigresse* lors de la recherche du *Polaris*.

(⁵) Le docteur Collins était très connu à Paris où il reçut, en 1878, un

fut formé spécialement d'hommes éprouvés et choisis, et la *Jeannette* comptait en tout à son bord trente-trois personnes (1).

Rarement un navire arctique fut aussi bien armé et aussi complètement pourvu de tout ce qui pouvait contribuer au succès de l'expédition, ainsi qu'au bien-être et à la santé du personnel; de plus, on y embarqua pour trois années de vivres, terme dépassant de beaucoup celui assigné au voyage.

Le 8 juillet 1879, la *Jeannette* partit de San Francisco. Son objectif immédiat était de chercher à l'ouest de Wrangell un passage pour atteindre la mer libre et s'élancer vers le nord; en cas d'insuccès, elle comptait hiverner près de Wrangell, en explorer les côtes, et l'été suivant renouveler ses efforts.

Les dernières lettres reçues de la *Jeannette* après son entrée dans les mers arctiques furent déposées par elle au cap Serdze (2); le capitaine de Long y disait, à la date du 29 août 1879, que tout « allait bien à son bord et qu'il se disposait à appareiller la nuit suivante pour la terre de Wrangell ».

Quelques jours après, en effet, le 2 septembre, le baleinier américain *Sea-Breeze* aperçut la *Jeannette*, mais sans communiquer avec elle, à environ 8 milles dans le sud de l'île Herald (3). C'était la dernière fois que l'on devait voir ce noble navire!

L'année qui suivit le départ, au printemps de 1880, l'Amirauté américaine envoya le steamer *Corwin*, en croisière dans le nord du détroit de Behring, avec mission de rechercher deux navires baleiniers (4) non revenus de la dernière saison de pêche, et aussi de rapporter, si possible, quelque nouvelle de la *Jeannette*. Cette croisière, fort bien conduite par le capitaine Hooper, fournit à de nombreux points de vue d'excellents

---

chaleureux accueil lors de la réunion du congrès météorologique; c'est lui qui organisa dans le *New-York Herald* le service météorologique de l'étude des orages dans l'Atlantique et la prédiction de leur arrivée sur les côtes d'Europe.

(1) Dont deux Chinois, servant comme cuisinier et maître d'hôtel, et deux Indiens, pris à Saint-Michel (Alaska), comme conducteurs de traîneaux.

(2) Ces lettres devaient être prises au cap Serdze par le steamer *Nordenskiöld*, que son propriétaire, le savant géographe russe Sibiriakoff, envoyait au secours de l'expédition suédoise de la *Véga*. Ce secours devenu inutile (la *Véga* étant sortie saine et sauve de l'océan polaire), le gouvernement russe envoya prendre au cap Serdze les documents laissés par la *Jeannette*, et il fallut ainsi quinze mois pour les avoir. Le cap Serdze est situé à peu de distance de l'extrémité est de la côte septentrionale de l'Asie.

(3) Petite île située au nord-est de la Terre de Wrangell.

(4) Le *Vigilant* et le *Mount-Wollaston*.

résultats en tant que connaissance plus approfondie de ces parages et étude plus complète des glaces; mais, malgré de grands efforts et quoique ayant risqué bien des fois de se voir lui-même saisi dans la banquise, le *Corwin* ne put rien apprendre de la *Jeannette*. Toutefois il retrouva dans l'ouest du cap Serdze les débris des deux baleiniers disparus; à bord de l'un d'eux (1) se trouvaient encore quatre cadavres, mais on ne sut rien du reste des équipages; il est à croire qu'une fois leurs navires broyés par les glaces, ces malheureux se sont dirigés vers la côte pour y chercher des secours et que, comme autrefois les équipages de Franklin, ils ont tour à tour succombé sous les coups redoublés du froid et de la faim. Ce fait, hélas! n'est pas rare dans cette partie des régions polaires : outre le sort des expéditions célèbres de Schalauroff, de Behring et de tant d'autres, on peut en effet citer, à une époque qui est la nôtre, les noms de 54 navires baleiniers qui depuis 1871 se sont perdus, seulement dans ces parages. Sur ce nombre, 33 emprisonnés dans les glaces ont été entraînés avec elles; la plupart de leurs équipages avaient pu les abandonner à temps, mais beaucoup d'autres, dans le vain espoir de sauver leur navire, étaient restés à leur bord, et l'on n'a plus jamais entendu parler d'eux.

Le *Corwin* revint donc, et la saison de pêche de 1880 se terminant sans que personne apportât de la *Jeannette* une nouvelle quelconque, l'opinion publique commença à s'inquiéter. Dans les colonnes du *New-York Herald* fut publiée une très remarquable série d'articles de fond et de savantes études dans lesquelles les hommes les plus versés dans les questions arctiques discutaient les probabilités du sort de la *Jeannette* et insistaient sur la nécessité de lui envoyer au printemps prochain un navire de secours. Bref, en février 1881, les Chambres américaines votaient à l'unanimité les fonds nécessaires (2) pour l'organisation de missions de recherches par les soins de la marine de l'État.

Ces expéditions nouvelles, où et par où les envoyer? et pour cela, où pouvait se trouver la *Jeannette?*

Du point où pour la dernière fois on l'avait vue, c'est-à-dire à 8 milles dans le sud de l'île Herald, la route droit au nord lui eût été bien vite fermée par la banquise.

La route du nord-est l'eût obligée ou bien d'entrer dans la banquise, et alors elle aurait été entraînée vers la terre de Grinnell; ou bien de fuir la banquise et de revenir ainsi par un grand détour hiverner sur les côtes nord d'Alaska. Cette route au nord-est n'était donc certainement pas probable;

---

(1) Le *Vigilant*.

(2) 900 000fr furent votés pour la seule expédition du *Rodgers*.

toutefois, en prévision de cette éventualité, des recherches furent faites dans le nord du détroit de Robeson par le lieutenant Greely, et sur les côtes d'Amérique par le lieutenant Ray.

Mais, s'il était bien plus à supposer que, d'après le plan même du voyage, la *Jeannette,* faisant route à l'ouest, avait tenté le passage soit par le sud, soit par le nord de l'île de Wrangell, l'hiver arrivant vite, peut-être le capitaine de Long avait-il trouvé là un port de refuge à l'abri des grands vents polaires; mais l'année suivante, au printemps de 1880, continuant sa route vers l'ouest, il s'était efforcé, sans doute aussi, d'atteindre la mer libre pour remonter haut vers le pôle. Ce plan réussissant, c'est par le Spitzberg ou par l'est du Groënland qu'on verrait revenir la *Jeannette,* ou qu'on recevrait de ses nouvelles. En vue de cette probabilité, le navire *l'Alliance* fut donc envoyé, sous les ordres du capitaine Wadleigh, croiser dans ces parages ([1]).

Mais si au contraire la *Jeannette,* emprisonnée ou broyée par les glaces, avait dû être abandonnée par son équipage, il n'était pas à douter que, soit en traîneaux, soit en embarcations, le capitaine de Long et ses hommes ne se fussent dirigés, soit vers les côtes de Sibérie (et dans ce cas l'on pouvait compter pour eux sur les bons offices du gouvernement russe), soit vers l'île de Wrangell, avec l'espoir d'y être vus par quelque baleinier, et c'était là par suite qu'il fallait tout d'abord expédier des secours.

Le steamer *Rodgers,* mis sous les ordres du lieutenant Berry, fut acheté et armé dans ce but, et, parti de San Francisco le 16 juin 1881, il mouillait le 25 août suivant dans une petite anse à l'abri des glaces flottantes, sur la côte est de Wrangell ([2]). Les explorations commencèrent immédiatement, et trois détachements se mirent en route, dont un en traîneau vers l'intérieur des terres, et deux dans des embarcations qui, partant dans des directions contraires, devaient contourner et longer de près les côtes. Après de rudes fatigues vaillamment supportées, tous revinrent à bord; ils n'avaient trouvé aucune trace de la *Jeannette :* elle n'avait donc pas hiverné là; mais le mystère de la terre de Wrangell était éclairci : les routes des deux embarcations s'étaient presque croisées au nord; cette terre était une île.

Ce problème géographique résolu, le *Rodgers* entreprit sur le bord de la banquise une très remarquable croisière, ris-

---

([1]) Il put s'y élever jusqu'à près de 80° nord.

([2]) C'était, depuis le voyage du baleinier allemand Dallmann, en 1866, la première fois que l'on explorait ces terres.

quant bien des fois sa propre existence (1). Il fut assez heureux pour recueillir l'équipage d'un navire baleinier écrasé dans la banquise, mais de la *Jeannette,* rien, rien !

Chassé par les glaces à mesure que s'avançait la saison, le *Rodgers,* avant de quitter ces parages, laissa à 20 milles dans l'ouest du cap Serdze un groupe de sept hommes qui devaient pendant l'hiver explorer en traîneaux la côte de Sibérie; puis il se rendit, pour hiverner lui-même, à l'île Saint-Laurence. Il y arrivait le 15 octobre, et le 30 novembre ce vaillant navire était, au milieu des glaces, la proie des flammes; le feu, qui avait pris naissance dans la cale avant, ne put être éteint, et le *Rodgers* sombra. Ce désastre, qui ne coûta fort heureusement la vie à personne, ne fut connu en Europe que six mois après, en mai 1882, le colonel Gilder, correspondant du *New-York Herald,* qui se trouvait à bord, ayant dû traverser la Sibérie pour en apporter la nouvelle à Yakoutsk.

Un bâtiment anglais devait aussi périr à la recherche de la *Jeannette.* M. Leigh Smith, le vaillant explorateur des terres François-Joseph en 1880, y retourna en juin 1881 à bord de son yacht *l'Eira,* qu'il commandait lui-même. *L'Eira* fut écrasée par les glaces, et ce n'est qu'au mois d'août 1882 que le steamer anglais *Hope,* envoyé à sa recherche, put recueillir l'équipage sauvé par le *Wilhelm Barents.*

A tous ces moyens de secours envoyés à la *Jeannette,* ajoutons une seconde croisière du *Corwin* au nord du détroit de Behring, et les recherches faites par le navire *Wilhelm Barents,* que, depuis cinq années, le gouvernement hollandais envoie dans les environs de la Nouvelle-Zemble étudier le mouvement et l'état des glaces. Disons enfin qu'une expédition danoise se disposait à partir pour la Nouvelle-Sibérie à bord de la *Dijmphna,* sous les ordres du lieutenant Hovgaard.

Mais, nous le savons maintenant, toutes ces recherches devaient être vaines. Le troisième hiver depuis le départ de la *Jeannette* s'avançait, et, malgré tant d'efforts et de généreux élans, la plus légitime inquiétude existait encore, lorsque soudain le silence fut rompu.

Le 20 décembre 1881, une dépêche arrivait à Paris adressée par le gouvernement russe au représentant du *New-York Herald :* en quelques mots le gouverneur d'Irkoutsk annonçait que « trois indigènes avaient rencontré, dans la partie est du delta de la Léna, onze naufragés de la *Jeannette* ayant beaucoup souffert et manquant de tout; d'après leur dire, la *Jeannette* avait sombré, et le reste de l'équipage, mourant de faim,

(1) Il remonta jusqu'à 73° 44' nord, la plus haute latitude atteinte sur le méridien du détroit de Behring.

devait se trouver avec deux embarcations à l'ouest du delta. Des expéditions de secours, ajoutait la dépêche, étaient déjà en route recherchant ces malheureux. »

Ainsi le voile de l'inconnu venait de se déchirer enfin, et l'on allait bientôt connaître les réalités de ce terrible drame.

Succinctement, mais dans l'ordre chronologique des faits, nous allons dire maintenant quel a été ce voyage, désormais l'un des plus douloureusement célèbres dans les fastes arctiques.

(*La suite prochainement.*)

Notes sur les soulèvements et affaissements lents du sol;

Par M. FAYE.

Notre Confrère M. Daubrée a présenté dernièrement à l'Académie, avec des éloges bien mérités, et qui, venant de lui, ont une grande portée, le livre que M. le professeur A. Issel, de Gênes, vient de publier sous le titre : *Le oscillazioni lente del suolo.* Il s'agit, on le voit, du problème fondamental de la Géologie, car ces oscillations du sol, qui se produisent sous nos yeux, sont la suite de celles qui, dans le passé, ont fait naître les chaînes de montagnes.

Mais c'est aussi une grande question de Géodésie, car les mêmes actions ont déformé notre planète et lui ont donné la figure extérieure fort singulière qu'elle possède actuellement. C'est uniquement comme géodésien que j'oserai émettre un avis sur ces grandes questions. A tous les points de vue, les conclusions du savant italien ont une certaine gravité dont l'Académie sera frappée :

« Ceux qui admettent l'existence d'un noyau en fusion à une température élevée sous la croûte terrestre attribuent, en général, au refroidissement et à la contraction du noyau l'origine des montagnes. Telle est l'opinion soutenue au commencement de ce siècle par Élie de Beaumont, Cordier, Omalius d'Halloy et beaucoup d'autres. De nos jours, des géologues autorisés, tels que Heim, Suess, de Lapparent, rattachent au refroidissement progressif du globe la cause première du soulèvement des montagnes, tandis que ceux qui nient l'incandescence originelle ont adopté des hypothèses diverses. On voit par là combien varient les opinions sur le mécanisme et la modalité des soulèvements orographiques. Si je me proposais d'épuiser la question, je devrais discuter ici la doctrine bien connue d'Élie de Beaumont; mais, comme cette doctrine me paraît condamnée sans appel, et comme une telle discussion ne saurait avoir place dans cette revue rapide, je préfère passer outre. »

L'auteur me paraît sacrifier bien vite une grande et belle idée qui a paru vraie, en principe, à tous nos géologues. Cette idée de Fourier, de Cordier, d'Élie de Beaumont, du refroidissement progressif d'une Terre primitivement à l'état de fusion ignée, sert aussi de base à nos théories géodésiques, et nous ne sommes pas disposés à l'abandonner. Elle ne saurait avoir échoué en Géologie que par l'effet d'une application incomplète ou fautive.

Je désire d'abord constater que, en dehors de cette idée, l'auteur et ceux dont il expose l'opinion n'ont pas réussi à donner une théorie quelconque des grands phénomènes géologiques. Voici en effet la conclusion finale du savant italien :

Il suit de ce qui précède que l'origine des *bradisismi regionali* doit se rattacher à la haute température et à l'état de fluidité ignée qui règne (uniformément ou non, nous l'ignorons) au-dessous de la croûte terrestre. Lorsqu'on connaîtra l'état physique et les conditions thermiques des matériaux qui occupent les régions intérieures de la planète on sera en état de décider si le refroidissement, le dégagement des vapeurs ou des gaz, l'interposition de masses rocheuses à l'état de fusion, sont capables de concourir à la production de ces phénomènes.

» Il résulte pourtant dès aujourd'hui de ces recherches que les plus étroits rapports unissent entre eux les tremblements de terre et les éruptions volcaniques aux oscillations lentes régionales, en sorte qu'on est porté à considérer tous ces phénomènes comme des manifestations d'une même cause qui a son siège à l'intérieur de la Terre. »

Ainsi, sur cette question fondamentale, nos géologues ont émis une grande idée qui n'a pas abouti complètement : les autres n'ont aucune solution valable. Cela tient à ce que la question n'est pas purement géologique. Considérez, en effet, le point de départ de ces actions et le résultat singulier qu'elles ont amené. Au commencement, lorsque la planète était tout entière à l'état de fluidité ignée, sa figure extérieure, coïncidant cette fois avec sa figure mathématique, était celle d'un ellipsoïde de révolution aplati aux pôles et tournant autour de son petit axe; la pesanteur devait y varier, à la surface et de l'équateur aux pôles, suivant la loi de Clairaut. Aujourd'hui, après que les oscillations lentes du sol ont agi pendant des millions d'années, le globe bosselé, déformé, présente sur tout un hémisphère une accumulation de continents émergés, et sur l'autre une croûte solide profondément déprimée en général et recouverte par des eaux dont le niveau est loin d'atteindre celui des terres visibles; et pourtant, en dépit de ces déformations si frappantes et de l'altération des contours visibles, la figure mathématique de la Terre est

restée un ellipsoïde de révolution presque parfait, comme au commencement; ce globe n'a pas cessé de tourner d'une manière stable autour de son petit axe; la variation de la pesanteur de l'équateur aux pôles n'a pas subi la plus légère modification.

Il faut donc que les forces qui ont produit, dans la suite des âges, les déformations du globe primitif, et qui produisent aujourd'hui encore les lentes oscillations géologiques du sol, aient été soumises à des conditions bien particulières qui peuvent ne pas se retrouver sur d'autres astres. Ces conditions doivent servir à définir ces forces. Je les ai formulées, il y a quelques années ([1]), de la manière suivante :

Dès l'origine, depuis des millions d'années, le refroidissement et la solidification de la croûte terrestre vont plus vite et plus profondément sous les mers que sous les continents.

Cette proposition n'a rien d'hypothétique : elle aurait pu être déduite, il y a cinquante ans, des sondages thermométriques que les marins de la frégate *la Vénus* ont exécutés dans les mers profondes (en communication avec les pôles) à la demande de l'Académie. Ces sondages ont été répétés dans ces derniers temps par différents navigateurs avec les mêmes résultats.

De cette proposition, qui résume une série de faits généraux parfaitement acquis, il résulte que l'épaisseur de la croûte terrestre solidifiée sous les mers est beaucoup plus grande que celle de la croûte continentale. Par conséquent aussi la masse fluide intérieure est soumise à une pression plus grande sous les mers que sous les continents; et comme cet excès de pression se propage en tous sens, plus ou moins rapidement, dans une masse fluide, la croûte continentale peu épaisse doit céder à la pression qui s'exerce sur elle de bas en haut et être en voie d'exhaussement continu, tandis que la croûte sous-marine, de plus en plus épaissie, s'affaisse avec autant de lenteur extrême.

Grâce aux lignes de retrait ou aux fissures de la croûte primitive, l'écorce terrestre se trouve divisée en grands segments distribués autour du globe avec une symétrie grossière, comme on en peut juger par la distribution des terres émergées. Le double mouvement que nous venons de décrire ne produira donc pas un effet semblable à ce qui aurait lieu pour une sphère de caoutchouc continue dont les trois quarts de la surface seraient plus comprimés que le dernier quart. Il se traduira extérieurement par un jeu de bascule dans ces divers

([1]) *Comptes rendus, Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1881, *Cours d'Astronomie et de Géodésie de l'École Polytechnique*, t. I, p. 203 et suiv.

segments et, comme ceux-ci ne sont pas trop irrégulièrement disposés, comme les mouvements produits n'ont qu'une amplitude faible par rapport aux dimensions de la Terre, et que les masses déplacées sont plus petites encore par rapport à la masse totale, comme enfin il y a une remarquable compensation entre les quantités de matière distribuées suivant les différents rayons, les inégalités produites, les hautes saillies montagneuses, les profondes vallées maritimes, ont pu se former sans altérer sensiblement, pour nos instruments du moins, ni la figure mathématique des couches de niveau, ni la rotation, ni la pesanteur superficielle.

Cette théorie géodésique, dont un géologue seul pourrait développer toutes les conséquences, laisse entièrement de côté les phénomènes volcaniques que M. Issel a cru devoir rattacher, au contraire, aux mouvements lents du sol. Ce sont en effet de simples épiphénomènes dus à une cause très différente, bien qu'ils produisent aussi des oscillations du sol et des déplacements de matériaux. Mais ces oscillations sont brusques, passagères et locales, les matériaux déplacés sont presque insignifiants, et les expériences décisives de M. Daubrée permettent à la fois de remonter à leur vraie cause et de saisir le lien qui les rattache *indirectement* aux grands phénomènes géologiques. Sous l'influence des mouvements de bascule des segments de l'écorce terrestre, l'eau des mers pénètre ici ou là, par des méats probablement presque capillaires, jusqu'aux portions sous-jacentes de la masse ignée intérieure; sous l'influence de la pression et de la chaleur, elle fait subir à ces couches, à l'état pâteux ou liquide, un véritable métamorphisme. Alors se forment localement, de temps à autre, au-dessous des lignes de fracture, des amas d'ailleurs restreints et temporaires de laves foisonnantes, presque explosives, qui donnent naissance à des éruptions violentes lorsqu'elles trouvent une issue dans les couches plus ou moins attaquées de l'écorce terrestre.

Ainsi cette théorie doit être débarrassée de la volcanicité. Il se présente immédiatement à l'esprit une vérification puisée dans les phénomènes géologiques actuels. Comme le refroidissement du globe progresse sans cesse, aujourd'hui encore, il faut que le fond des mers continue sous nos yeux à s'affaisser lentement et le sol des continents à s'exhausser, préparant ainsi les modifications peut-être considérables de l'avenir. Eh bien, la belle carte de M. Issel montre du premier coup d'œil qu'effectivement les choses se passent ainsi sur tout le globe terrestre. On y voit des signes d'affaissement sur les océans et un exhaussement général des surfaces continentales, sauf en quelques localités restreintes.

Je ne pouvais pas désirer une vérification plus frappante.

Ajoutons que, par l'ancienne division de l'écorce terrestre en lignes de retrait ou en fissures sur lesquelles s'élèvent les chaînes de montagnes et s'alignent les volcans, les mouvements lents que nous venons de décrire ont dû déterminer des jeux de bascule assez compliqués. Il est donc naturel de trouver, sur la carte de M. Issel, quelques affaissements le long des continents et quelques exhaussements au sein du Pacifique, dont le fond n'a certes pas constitué un bassin tout d'une pièce. Mais cette étude délicate n'est pas de mon ressort. Je me bornerai à soumettre au savant italien une correction de détail relative à la Hollande, que je vois marquée en bleu sur sa carte. Les renseignements qui lui ont été transmis à ce sujet par un professeur de Leyde, feu M. de Baumhauer, tendaient effectivement à faire considérer la Hollande comme étant en voie d'affaissement. Mais on ne considérait pas, en Hollande, la chose comme prouvée, et l'on attendait en particulier le résultat des calculs relatifs aux marégraphes d'Amsterdam. Ces calculs, dont tous les éléments ont été remis au savant directeur de l'Observatoire de Leyde, M. Van de Sande Bakhuyzen, sont achevés aujourd'hui. Je lui ai demandé des renseignements sur la réalité des faits invoqués jusqu'ici pour établir l'affaissement, à savoir la formation du Zuyderzée, l'invasion par la mer d'édifices construits par les Romains, l'obligation où l'on serait aujourd'hui de recourir aux machines pour épuiser les polders, etc. Voici sa réponse :

« J'ai communiqué vos questions à mon ami le Dr Pleyte, conservateur du Musée archéologique, qui, mieux que personne, connaît l'histoire de notre pays. Voici ce qu'il m'a écrit :

» Le lac Flevo ou Flevus des anciens était un des petits lacs formés par la branche principale du Rhin, le Flevus qui traversait la Veluwe entre les provinces d'Utrecht et de Gueldre.

» Le Flevus se séparait du Rhin près de Wageningen, parcourait la vallée du Grebbe, gagnait celle de l'Ems, se jetait dans le lac Flevus, en sortait près de Stavoren et tombait dans la mer entre Vlieland et Terschelling.

» Le Zuyderzée a été formé par une catastrophe qui a enlevé les terrains marécageux qui entouraient le lac *Flevus* ou qui se trouvaient sur les bords de courants d'eau dans le voisinage. Cependant les terrains n'ont pas été envahis tout à coup [1]; en 1400, par exemple, on pouvait encore passer à

[1] C'est la seule circonstance qui pourrait être citée à l'appui d'un affaissement progressif.

pied de la Frise à Texel; le passage du *Fli* ou Flevus se trouvait près de Cornwest.

» Il est fort probable, plutôt certain, que nos dunes se sont déplacées, envahissant notre pays depuis des siècles.

» Au commencement de notre ère, les Romains bâtirent leurs châteaux aux embouchures des rivières, à l'embouchure de l'Escaut sur l'île de Valcheren, à l'embouchure de la Meuse sur l'île Goedereede, à l'embouchure du Rhin près de Katwijk, sur les bords du Flevus, etc.

» A présent ces châteaux gisent en pleine mer, à une distance d'environ dix minutes des dunes actuelles; parfois on en a vu les restes pendant des marées très basses. Il est fort probable qu'au commencement de notre ère les dunes se trouvaient au delà de ces vieux bâtiments. L'administration actuelle des dunes s'efforce de maintenir une végétation sur ces remparts contre la mer, et l'on croît que l'on réussira à les retenir en place. Si l'on ne faisait pas ces efforts, les fondements de l'église et des maisons à Scheweningue, par exemple, se trouveraient probablement, après une dizaine de siècles, aussi dans la mer, de la même manière que les fondements de ces anciens châteaux, sans que le terrain se fût affaissé.

» Quant à l'évacuation des eaux des polders, elle se fait encore en partie sans le secours des machines, à marée basse; mais, en général, on préfère établir des machines, parce que alors on peut évacuer les eaux d'une manière plus complète. Une grande partie des polders étaient auparavant des tourbières où l'on a enlevé la tourbe; il est naturel que le terrain sous-jacent soit à présent, en général, au-dessous de la basse marée, mais on n'en peut pas conclure que le sol s'est affaissé.

» L'affaissement général de notre sol est donc *fort peu probable;* mais il se peut qu'en quelques contrées des terrains marécageux, des tourbières et aussi les terrains argileux dont le sous-sol est formé par les tourbières se soient affaissés un peu.

» D'après les repères qui se trouvent à Amsterdam, dans plusieurs points, et qui y ont été établis à la fin du XVII[e] siècle pour indiquer la hauteur des moyennes hautes eaux (*Amsterdamsche peil*), je puis conclure que, dans les deux derniers siècles, le sol de cette ville ne s'est pas affaissé d'un centimètre. »

Résumé des Observations météorologiques du Bureau Central, en août 1883;

Par M. Léon TEISSERENC DE BORT.

Le mois d'août 1883 a été sec et beau et il offre une pression supérieure à la normale. Ces caractères sont dus à la posi-

tion du maximum océanien; celui-ci a été plus élevé en latitude que d'ordinaire, et il s'en est détaché à plusieurs reprises des aires de hautes pressions qui ont couvert l'Europe.

Au parc Saint-Maur, la température moyenne, 17°,74, a été normale. Le thermomètre a varié depuis 6°,4 le 12 jusqu'à 29°,9 le 14. Les moyennes ont été de 11°,48 pour les minima et de 24°,69 pour les maxima.

La pression barométrique a été assez élevée pendant les premiers jours du mois, puis elle a subi des variations assez fortes sous l'influence des dépressions qui se sont produites du 5 au 15; le baromètre s'est maintenu assez haut, vers 766^{mm}, du 16 au 27; à la fin du mois il a baissé rapidement jusqu'à 747^{mm} 8 le 31 à 6^h 30^m du soir (à l'altitude 49^m,30). La moyenne a été de 759^{mm},88, supérieure de 1^{mm},85 à la normale,

L'humidité relative moyenne est 72,4, variant depuis un minimum de 29, le 27 à 2^h du soir, jusqu'à un maximum de 100 qui a été observé 10 jours. La nébulosité moyenne des 24 heures est 4,2. Il est tombé seulement 30^{mm},4 d'eau en 17 heures réparties sur 7 jours. On a constaté deux jours de tonnerre, les 6 et 15, 4 d'éclairs, 4 jours de brouillard.

Les vents dominants ont été de sud-ouest et d'ouest, et de nord-ouest à nord.

A l'Observatoire de Bordeaux-Florac, les moyennes ont été de 14°,36 pour les minima, de 27°,94 pour les maxima; la quantité de pluie est très faible, 7^{mm},22, ce qui s'explique par la persistance des fortes pressions sur le sud-ouest de la France. A Avignon, la température moyenne a été normale, mais la sécheresse a été grande et il n'a pas plu pendant le mois.

Sur le plateau de Langres à Marac, la moyenne des minima a été de 9°, celle des maxima de 23°. Il y a eu 8 jours de pluie qui ont donné 24^{mm} d'eau, une forte gelée blanche s'est produite le 8.

L'Association scientifique a reçu les livres et documents suivants qui ont été envoyés au Bureau central météorologique : *Compte rendu des observations météorologiques faites en* 1880 *et en* 1881 *dans* 25 *stations du département de Vaucluse;* — *Observations météorologiques faites en* 1882 *dans les* 26 *stations organisées par le service hydraulique de la Seine-Inférieure;* — *Distribution des éléments météorologiques autour des minima et des maxima,* par M. H. Hildebrandsson; — *La trombe du* 7 *juin* 1882 *dans la vallée de Säby,* par M. G. Fineman.

Le Gérant : E. COTTIN,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

BULLETINS HEBDOMADAIRES Nos 186 ET 187.

21 et 28 octobre 1883.

Notice sur le voyage de la « Jeannette » et les observations scientifiques circompolaires (1),

Par M. A. BELLOT, lieutenant de vaisseau.

§ 3.

Le 2 septembre 1879, la *Jeannette*, qu'on avait pour la dernière fois vue dans le sud de l'île Herald (2), laissait cette île dans l'ouest, puis faisait route au nord-ouest, comptant ainsi pénétrer assez loin entre la grande banquise du nord et celle du large de la côte de Sibérie, pour pouvoir, l'été suivant, gagner le bassin de la mer libre. Mais déjà l'hiver avançait, la jeune glace se formant obstruait les passages, et deux jours après, à 4h du soir, la *Jeannette*, entourée de glace de 8 pieds d'épaisseur, était définitivement prisonnière; on relevait alors l'île Herald à 31 milles dans le sud-ouest.

Après plusieurs jours occupés par les préparatifs d'hivernage, le capitaine de Long envoya en traîneau un petit parti d'exploration pour déposer à l'île Herald des documents relatant la situation du navire; malheureusement on n'y put parvenir, car un chenal de plusieurs milles d'eau encore, à peu près libre, séparait cette île de la banquise, et une embarcation était indispensable pour y arriver. Pendant cinq mois, la *Jeannette*, toujours prisonnière, resta en vue de cette île (3), mais la tentative déjà faite pour l'atteindre ne fut pas renouvelée : le navire dérivant alors, entraîné par la banquise, s'éloignait peu à peu vers le nord-ouest, et l'on pouvait craindre que, ce mouvement de dérive s'accentuant tout à coup, les hommes envoyés à l'île Herald ne se trouvassent à tout

(1) Voir les *Bulletins* nos 184 et 185.
(2) Située non loin de l'île Wrangell, à l'est de cette terre.
(3) L'île Wrangell fut perdue de vue en mars 1880.

jamais séparés de leur navire. Combien, cependant, les recherches ultérieures eussent été facilitées si, au printemps de 1880, le *Corwin* avait trouvé à l'île Herald des traces certaines de la route de la *Jeannette!*

La longue nuit polaire commença le 10 novembre et dura jusqu'au 25 janvier 1880. Nous n'entrerons pas ici dans les détails de la vie à bord de la *Jeannette*, où, comme pour tous les navires arctiques, tout était parfaitement réglé pour maintenir autant que possible la santé des hommes et chasser de leur esprit toute cause d'affaissement. Nous dirons seulement que de très nombreuses observations scientifiques furent faites par l'état-major aux points de vue du magnétisme, de la météorologie, de l'étude des fonds de l'Océan polaire, des courants et des vents, etc., etc.; de très nombreuses photographies d'aurores boréales furent prises, et la faune arctique elle-même ne fut pas oubliée ([1]).

L'hiver fut très dur, et la température descendit à 40° C. au-dessous de zéro; chacun le supporta vaillamment. Mais pour le navire un fait s'était produit qui ne laissa pas que d'inspirer des craintes sérieuses sur le sort de la *Jeannette :* au commencement de novembre, sous l'influence de très fortes marées, de nombreuses fissures s'étaient faites dans la glace tout autour du navire, et la *Jeannette* flottait; mais lorsque, le froid se faisant sentir, ces fissures se refermèrent, la pression des glaces sur les flancs du navire fut tellement considérable que les ponts furent soulevés de $0^{m},02$ au-dessus des baux, et l'on craignit un instant de voir la *Jeannette* se briser sous l'effort de la banquise; tout fut dès lors préparé en vue d'un abandon forcé du navire. Il n'en fut rien cependant pour cette fois, grâce aux renforts tout spéciaux qu'avait reçus la carène, mais une avarie grave, une forte voie d'eau s'était produite dans le brion déchiqueté par la glace; malgré l'établissement d'une cloison étanche, il fallut dans la suite, et pendant dix-huit mois, pomper chaque jour l'eau glacée qui remplissait la cale.

Cependant la *Jeannette*, entraînée par sa prison même, dérivait toujours, tantôt lentement, tantôt plus vite selon les vents, tantôt avançant, tantôt reculant, mais, en somme portée au nord-ouest de 50 milles en cinq mois; à l'aide d'observations astronomiques ([2]) la route de dérive était tracée sur la carte.

La banquise, ne formant qu'un seul bloc, se transportait

([1]) La plupart de ces documents ont pu être sauvés et seront un jour publiés par l'Amirauté américaine; d'autres ont malheureusement disparu avec le canot n° 2.

([2]) Principalement l'observation des éclipses des satellites de Jupiter.

tout entière (1), et d'après les journaux de bord des officiers de la *Jeannette*, leur opinion était que toute cette masse considérable de glaces, une fois brisée par la débâcle, sortirait du bassin polaire, soit par le détroit de Smith, soit par l'est du Groënland; « ce mouvement général, disent-ils, est certainement et en de nombreux points modifié par des influences locales, telles que le voisinage des terres, la profondeur plus ou moins grande des fosses du lit de l'Océan, etc.; mais, si la *Jeannette* existe encore lors de la débâcle, c'est vers le nord du Spitzberg qu'elle pourra gagner les eaux de l'Atlantique. Ils ajoutent enfin que, s'ils étaient entrés dans les glaces à 200 milles plus dans l'est, c'est vers le groupe des îles Saint-Patrick qu'ils eussent été entraînés. »

Ces opinions, d'une valeur incontestable, confirment les théories précédemment émises sur les courants généraux du bassin polaire.

Les mois d'été de 1880 s'écoulèrent, tristes et brumeux, sans modifier en rien la position du navire prisonnier de la banquise, et, en septembre 1880, la *Jeannette* se trouvait entourée de glaces de 10 pieds d'épaisseur, des blocs énormes grimpant le long du bord jusqu'aux bastingages.

Le second hiver fut, comme le premier, vaillamment supporté par ces hommes énergiques. La santé générale s'altérait un peu cependant, et en mai 1881 le terrible scorbut apparaissait à bord; la chasse donnant peu, les vivres frais étaient rares, et, en prévision de l'avenir, on dut même à partir de cette époque diminuer quelque peu les rations journalières.

Le 16 mai, il y eut à bord une grande émotion : Dunbar, le pilote des glaces, annonçait une terre en vue ! Et c'était merveille pour ces malheureux qui, depuis quinze mois, n'avaient vu que le ciel et la glace ! Mais, cette terre, aucune carte ne l'indiquait dans ces parages ! C'était donc une découverte nouvelle, c'est-à-dire pour eux un honneur et un triomphe ! Cette terre, c'est une île, petite, d'aspect triste, dénudée, mais elle leur fait plaisir à voir, et ils la baptisent du nom glorieux de leur navire, c'est l'île Jeannette (2).

Trois jours après, une autre se montra, encore une île inconnue jusqu'alors, et qui reçut le nom d'Henriette (3).

Le navire, toujours entraîné, passa en dérivant au nord de ces îles, et même assez près de l'île Henriette pour qu'un parti d'exploration y allât planter le pavillon national; puis, la dérive continuant, on les perdit de vue dans le sud-est.

(1) Ce mouvement en bloc de la banquise est prouvé par ce fait qu'un appentis laissé sur la glace en novembre 1881, lorsque la *Jeannette* flotta, fut retrouvé seize mois après à 3 milles de distance du navire.

(2) Située par 76° 47' N. et 156° 36' E. (Paris).

(3) Située par 77° 8' N. et 155° 23' E. (Paris).

Cependant l'été approchait, et dans la banquise, désagrégée en outre par le voisinage de ces îles, se voyaient de nombreuses fissures rayonnant tout autour du navire; le 12 juin enfin, la *Jeannette* se trouvait à flot au milieu d'un petit lagon d'eau bleuâtre, de l'aspect le plus séduisant pour des marins que depuis vingt et un mois la glace emprisonne! La joie est dans tous les cœurs. Peut-être, enfin, est-ce la débâcle? Si la banquise lâchait sa proie! Et chacun se met à l'œuvre, et l'on dispose tout à bord pour faire route au premier moment et profiter de toute occasion propice. Mais que la joie est de courte durée!

Bientôt, en effet, les fissures se comblent, les mouvements de la glace sont visibles; c'est la banquise qui se referme sur elle-même; elle se rapproche du navire, elle l'étreint, elle le presse; des blocs énormes, soulevés, bousculés, chevauchent et se brisent; c'est un chaos de bouleversements sans fin, accompagné de bruits terribles et de détonations inattendues. Rien ne peut résister à cet effort; la *Jeannette* saisie, mordue entre les deux champs qui se rejoignent, s'incline sur tribord; ou les glaces passeront dessous et chavireront le navire, ou elles l'écraseront et passeront au travers. Les cris de la glace sont sinistres et les craquements du navire y répondent, serrant affreusement le cœur des plus braves. La *Jeannette* gémit et tremble dans ses membrures; de la pomme des mâts à la quille elle se tord et se débat, comme pour échapper à cette formidable étreinte; les flancs vont céder, les ponts se courbent, les bordages se séparent! Le capitaine de Long est sur le pont; il ordonne, il dirige l'abandon de son navire; depuis longtemps tout était prêt en vue de la catastrophe; en hâte on amène les embarcations, on débarque les traîneaux, les chiens, les approvisionnements de tous genres, les vivres et les armes.

Chacun est calme. Chacun fait son devoir. Le pavillon national est hissé, il flotte en tête de mât; dans ce combat, dans cette lutte suprême contre la nature, le navire peut sombrer, mais ce pavillon c'est l'honneur, c'est la patrie, c'est la famille, c'est l'affection sacrée pour tous les cœurs, et tous les cœurs sont vaillants!

Un moment cependant la pression des glaces se relâche, mais c'est pour un dernier effort, car tout à coup le navire s'incline sur tribord; les glaces se sont rejointes à travers la carène, et l'eau envahit l'intérieur; il n'y a plus personne à bord; la *Jeannette* s'enfonce à vue d'œil, mais, soutenue par les glaces qui se sont glissées sous la quille, elle ne disparaît pas encore.

L'œuvre de destruction s'est accomplie et tout bruit a cessé; les voix elles-mêmes se taisent : c'est un silence morne, sinistre

et ténébreux, qui se transforme en terreur, le silence que l'on écoute, que l'on voit, que l'on sent!

Trente-trois hommes sont là, à 500 milles de tout secours possible, sur cette même glace qui vient d'écraser leur navire, et qui peut à chaque instant les engloutir eux-mêmes. Pour eux que sera l'avenir?

Mais il ne faut pas laisser à l'équipage le temps des réflexions sombres; de suite on se met à l'œuvre, et un campement de tentes en toiles est construit sur la glace non loin de la *Jeannette*.

Cependant, avant la nuit, quelques hommes se rapprochent du navire, comme pour le voir une fois encore et lui dire un dernier adieu; mais pourquoi s'éloignent-ils soudain? C'est que, tout près de la *Jeannette*, ils ont vu leur capitaine, pensif et absorbé; il est là, la tête penchée sur sa noble poitrine, ayant sous les yeux le spectacle de l'impuissance humaine en face des éléments déchaînés; mais il sonde l'avenir et puise dans ce spectacle même des forces nouvelles, car il n'est pas seul et sur lui repose le salut de tout son équipage.

Ces hommes à l'écorce rude, mais au cœur généreux, ont lu tout cela dans l'attitude de leur capitaine, et par un sentiment d'exquise délicatesse, ils respectent son silence et le laissent seul à ses pensées, près de son navire qui s'enfonce.

Ainsi l'avenir est sombre, tous le savent, mais pas une parole de découragement ne se fait entendre; l'obéissance aux chefs est basée sur la confiance, sur le respect, sur l'affection même; le navire n'est plus, mais le capitaine est toujours là, et chacun s'incline devant lui.

Que ne saurait-on entreprendre avec de tels hommes!

La première nuit qui s'écoula fut pénible; la glace se brisa sous l'une des tentes, et l'on dut au plus vite aller camper ailleurs. Puis, à 4^h du matin (c'était le lundi 13 juin), un craquement horrible se fit entendre : les glaces qui soutenaient encore la *Jeannette* venaient en se brisant de lui livrer passage, et le navire sombrait [1]. Les mâts et les vergues, brisés mais retenus par les manœuvres, s'enfoncent avec lui, puis les glaces se rapprochent, se referment, et ce fut une émotion poignante que de ne plus rien voir, rien! sur ce sol mouvant que depuis deux ans bientôt dominait la *Jeannette*.

§ 4.

Dès ce jour même les préparatifs commencèrent pour la retraite. Il s'agissait d'atteindre avec 33 hommes l'embouchure de la Léna, distante de plus de 500 milles; on avait, de

---

(1) La sonde accusait 70^m.

plus à nourrir 24 chiens (1) destinés aux traîneaux; aussi le matériel, réduit au strict minimum, était-il considérable. Il fallut 5 traîneaux pour contenir les approvisionnements de tous genres, les instruments nautiques, les médicaments, les armes de chasse et les munitions; un sixième fut disposé spécialement pour les malades, et sur 3 autres enfin furent chargées 3 embarcations dont on espérait pouvoir bientôt se servir.

Le poids total à traîner montait au chiffre énorme de 15400^{liv}.

L'équipage, divisé en trois groupes, fut réparti ainsi qu'il suit entre les 3 embarcations :

Le canot n° 1 (long de 6^{m},20), sous les ordres du capitaine de Long, comprenait le docteur James Ambler, le météorologiste Jérôme Collins, et 11 hommes. Total 14.

Le canot n° 2 (long de 4^{m},90). sous les ordres du premier lieutenant Charles Chipp, comprenait le pilote des glaces William Dunbar, et 6 hommes. Total 8.

La baleinière (longue de 7^{m},80), eût dû se trouver sous les ordres du deuxième lieutenant Danenhover; mais ce malheureux officier, atteint pendant la campagne d'une terrible affection des yeux, causée par la réverbération des glaces, se trouvait alors à moitié aveugle et avait souvent besoin que l'on guidât ses pas; c'est donc au chef mécanicien George Melville que fut donné le commandement du troisième groupe, composé du lieutenant J.-W. Danenhover, du naturaliste Newcomb, et de 8 hommes. Total 11.

A chaque groupe furent distribuées des armes de chasse et des munitions, une tente, une couverture imperméable, une casserole et une lampe à esprit-de-vin.

Les vivres consistaient principalement en pemmican (2), thé et biscuit, et la ration journalière de chacun formait, tout compris, un poids de 900^{gr} (3).

Enfin il fut décidé que l'on voyagerait de nuit, la réverbération des glaces pendant le jour étant pour les yeux une très grande fatigue.

Le 17 juin au soir, tout était prêt; l'ordre du départ fut donné, et l'on se mit bravement en route vers le sud, le cœur plein d'enthousiasme et de courage. En tête, et un peu en

(1) Des 40 chiens emportés par la *Jeannette*, 16 étaient morts, la plupart de maladie et aussitôt dévorés par les autres.

(2) Préparation indienne de viandes hachées qui, sous un petit volume, contient une grande quantité d'éléments nutritifs.

(3) Quantité très faible, car la vie dans les pays froids exige une abondante quantité de nourriture. C'est ainsi que la ration journalière donnée par la Compagnie de la baie d'Hudson à ses chasseurs comprend 8^{liv} de viande, ou 12^{liv} de poisson, ou 2^{liv} de pemmican. (La livre anglaise pèse 453^{gr}.)

avant, marchait Dunbar, le pilote des glaces, qui choisissait la route et l'indiquait par un pavillon noir sur lequel se dirigeaient les traîneaux.

On s'imagine difficilement ce qu'est un voyage à travers la banquise; souvent la glace se brise sous le poids des traîneaux, ou bien les hommes disparaissent dans des fondrières dont la neige accumulée dissimulait la présence; ici, ce sont des rochers de glace qu'il faut escalader ou tourner; là, au contraire, ce sont des fissures et des crevasses d'eau courante, si larges qu'il faut pour les traverser, ou bien mettre les embarcations à la mer, ou bien trouver un glaçon flottant assez fort pour servir de radeau et supporter le poids des traîneaux tout chargés.

Les longs hurlements de la glace qui se fend sous les pieds, ou qui au loin se soude et crie, remplissent le voyageur d'épouvante; autour de lui, des escarpements se dressent, les plaines liquides se solidifient, la route du salut se ferme : il se sent dans un isolement profond, absolu, et son courage, sa raison même, ont à subir d'étranges assauts.

Aucune de ces misères ne devait manquer aux naufragés de la *Jeannette*; le jour même du départ, trois traîneaux furent brisés, parmi lesquels celui de la baleinière. Deux jours se passèrent à opérer le sauvetage, à transborder les cargaisons; deux traîneaux irréparables furent abandonnés, puis on se remit en route. Mais bientôt le travail et la fatigue devinrent tels qu'il fut impossible de faire avancer plus d'un traîneau à la fois, et il n'était pas trop pour cela des efforts de tout l'équipage; de sorte que ces malheureux, sept fois traînant une charge et six fois les mains vides, parcouraient ainsi 13 milles pour avancer seulement de 1 mille comme résultat total. On ne saurait imaginer un genre de labeur qui détruise plus vite l'énergie des hommes; ils y épuisent leurs forces et leur moral; et lorsque, après une journée de travaux écrasants, on voit encore à portée de fusil le campement de la veille, on se sent prêt à désespérer!

Que fut-ce donc lorsque, huit jours après le départ, les officiers de la *Jeannette* constatèrent que la banquise dérivait plus vite qu'ils ne marchaient eux-mêmes! Huit jours venaient de s'écouler, huit jours de fatigues énormes pour faire de la route au sud, et ils se trouvaient reportés à 27 milles dans le nord-ouest de leur point de départ!

Ce fait, soigneusement caché à l'équipage, ne se représenta plus, du reste; le mois de juillet arrivait, la neige en fondant laissait la glace à nu, et, le halage des traîneaux devenant ainsi plus facile, on put, certains jours, en faire avancer deux à la fois.

Le 12 juillet, une terre parut à l'horizon, une île inconnue

jusqu'alors, et qui reçut le nom d'île Bennett; il fallut 15 jours pour atteindre cette terre nouvelle ([1]), dont le capitaine de Long prit solennellement possession au nom de l'Amérique.

La retraite durait alors depuis six semaines, et plusieurs hommes commençaient à ressentir les fatigues du voyage; aussi décida-t-on de s'arrêter huit jours à l'île Bennett, pendant lequel temps on répara les avaries nombreuses des embarcations et des traîneaux.

Le 4 août, on se remit en route. Mais, à mesure qu'avançait la saison chaude, la glace, devenant de plus en plus légère, se brisait facilement sous le poids des traîneaux; des crevasses de plus en plus grandes se faisaient dans la banquise, et plusieurs fois par jour il fallut mettre à la mer les embarcations et y charger le matériel, pour, un instant après, les rehisser d'abord sur la glace, puis sur leurs traîneaux. Dans ces manœuvres, un traîneau de vivres fut englouti et perdu.

La fatigue devenait énorme; de tous les chiens il n'en restait que deux, tout le reste était mort, noyé ou mangé : on dut, pour alléger les charges, abandonner tous les objets jugés superflus, ne gardant même comme traîneaux que les trois qui portaient les embarcations.

Ce travail écrasant eut toutefois sa récompense, et il arriva certains jours qu'à travers les glaçons brisés on put faire jusqu'à 10 milles à la voile dans les embarcations.

Bref, après un petit temps d'arrêt aux îles Thaddeus et Kotelnoï, on arriva le 10 septembre à l'île Séménoff.

Ce voyage, à la fois sur la glace et sur l'eau, avait été la cause d'avaries nombreuses pour les embarcations qui, tantôt glissaient des traîneaux, tantôt s'échouaient sur une glace coupante, tantôt enfin, transpercées par la pointe d'un glaçon, menaçaient de sombrer sous une forte voie d'eau. Il avait souvent fallu attendre le canot n° 2, et même retourner en arrière pour lui porter secours, car, petit et mauvais voilier, il n'avait, en outre, qu'un bien faible équipage pour le haler sur la glace.

A l'île Séménoff, un renne et quelques oiseaux furent tués à la chasse, et ce fut précieux pour tous, car les vivres avaient diminué et déjà l'on ne recevait plus chaque jour sa ration entière. Les naufragés savaient du reste que c'était là leur dernière étape; leur retraite durait depuis trois mois, au milieu de périls et de fatigues sans nom, et pas un seul d'entre eux ne manquait encore à l'appel; 80 milles seulement les séparaient maintenant de la terre ferme; la mer était libre et, quand le 12 septembre on se mit en route pour l'embouchure de la Léna, chacun comptait bien atteindre enfin, sans de plus grands périls, cette nouvelle terre promise.

([1]) Située par 76°38′ N. et 148°20′ E. (Paris).

On partit donc plein d'espoir, les trois embarcations en ligne de file faisant route au sud-ouest. Dans la journée le vent un peu frais se leva du nord-est, puis vers le soir souffla avec violence; la mer, venant de l'arrière, était énorme. Le canot n° 2, mauvais voilier, ne pouvait plus tenir; une dernière fois, à la nuit tombante, on l'aperçut bien loin derrière, amenant ses voiles. Bientôt la baleinière elle-même, malgré tous ses efforts, perdit de vue le canot du capitaine.

Voici donc pour la première fois les trois embarcations séparées, et c'est maintenant la route de la baleinière seule que nous allons suivre.

La nuit s'est faite, la tempête du nord-est souffle dans toute sa force, la mer est déchaînée; la frêle embarcation, aux trois quarts remplie d'eau et que chaque lame menace d'engloutir, ne doit absolument son salut qu'au sang-froid et au courage du lieutenant Danenhover, lequel, quoiqu'à moitié aveugle, déploie dans toutes ces terribles circonstances les qualités les plus admirables de l'homme et du marin. Une ancre flottante peut être faite et mouillée, et la nuit se passe, tenant debout au vent et à la mer.

Enfin, le jour arrive, l'horizon est attentivement surveillé; mais rien n'est en vue, ni canots, ni terres, et la baleinière se trouve seule, abandonnée à ses propres moyens.

A la rareté des vivres s'ajoutent la soif et la fatigue, mais le courage grandit avec les difficultés. Le soir, le vent faiblit pourtant un peu et tourne au sud-est; la mer est maniable et toute la nuit on fait route au sud-ouest.

Le lendemain matin, vers 6^h, la baleinière s'échoue brusquement par 2 pieds d'eau; il n'y a cependant aucune terre en vue; où se trouve-t-on exactement? Quels ont été le courant et la dérive? Nul ne le peut dire; toutefois, pensant se trouver dans le nord-ouest du cap Barkin, on fait route pour le doubler, d'abord à l'est, puis au sud-ouest.

Le 17 septembre, nos naufragés ont enfin connaissance de la terre, et ils s'engagent dans l'une des petites rivières marécageuses du delta de la Léna; le soir, ils aperçoivent sur la berge une hutte de chasse construite par les Tongouses; elle est vide et abandonnée, mais ils sont heureux de trouver cet abri où ils réussissent à allumer du feu. Ils sont tous exténués de fatigues et de privations, car ce terrible voyage en baleinière a duré 108 heures; leurs vêtements déchirés et mouillés ne les réchauffent plus, et sur leurs jambes, gonflées et tuméfiées par ce long séjour dans l'eau glacée, les chairs se fendent et la peau se détache en lanières. La nuit se passe au milieu de cruelles souffrances, et dès le lendemain ils reprennent leur route et remontent la rivière, car c'est ainsi seulement qu'ils pourront trouver des secours. Le 19 septembre en effet, ils

aperçoivent, au détour d'une pointe, trois indigènes Tongouses montés dans des pirogues; tous se précipitent, mais les Tongouses effrayés se sauvent à leur vue, et ce n'est qu'après maints signes d'amitié qu'ils osent enfin s'approcher; on leur donne du thé, du pemmican, et ils offrent en échange une oie sauvage et un poisson. Nos pauvres affamés se jettent pour ainsi dire sur ces vivres frais, et, tout en mangeant, ils se réjouissent, car ils se sentent sauvés maintenant; ces trois Tongouses à demi sauvages (les premiers représentants de la race humaine qu'ils aient vus depuis plus de deux ans) ne sont-ils pas à leurs yeux le salut et la vie!

Certes, ils l'ont chèrement achetée cette vie! Une infatigable persévérance et l'amour du devoir les ont seuls soutenus au milieu de leurs cruelles privations; ils se sentent enfin sauvés, mais pourtant encore ils n'ont qu'un désir, qu'un besoin : secourir leurs infortunés camarades dont la tempête les a séparés. Pour cela et vu leur extrême délabrement, le moyen le plus efficace est certainement d'atteindre le village de Bouloun, où l'on trouvera à organiser des secours. Mais c'est en vain qu'ils essayent de se faire comprendre des Tongouses et, ceux-ci refusant de les suivre, le lendemain ils partent seuls pour remonter la rivière.

Dans les mille canaux de ce delta, dont les terres et les eaux sont basses et marécageuses, ils s'égarent, ils s'échouent; le mauvais temps arrive, le froid les transit, leurs membres se gèlent, et après deux jours d'efforts surhumains, obligés d'abandonner la lutte, ils reviennent sur leurs pas et sont assez heureux pour retrouver leurs premiers sauveurs. Que n'ont-ils pu, hélas! mettre à exécution leur si noble dessein! car bien des vies précieuses eussent été épargnées si des secours étaient partis de Bouloun dès cette époque à la recherche des absents. Il n'en devait pas être ainsi!

Conduits par les Tongouses au village de Geemovialocke, près du cap Bykoffsky, où demeure le chef indigène du district, nos malheureux naufragés y arrivent épuisés, à bout de forces, le scorbut faisant des ravages, et plusieurs d'entre eux presque mourants, avec des membres gelés. Malgré tout leur courage et leur ardente volonté, ils ne peuvent plus rien par eux-mêmes, et ils ne parviennent pas à faire comprendre aux Tongouses que deux embarcations sont égarées dans le nord avec 22 hommes qui attendent des secours. A peine ont-ils pris quelques jours de repos qu'ils veulent partir; mais les indigènes, de qui ils dépendent pour les vivres, refusent de les accompagner, car la saison est mauvaise : c'est le moment de transition où la jeune glace se forme dans les rivières, et le voyage, désormais impossible en pirogue, n'est pas encore possible en traîneau.

Cependant, arrive au village un exilé russe, Jérémiah Kusmah, de qui l'on se fait enfin comprendre, et, pendant qu'il part pour Bouloun où il va réclamer des secours, le lieutenant Danenhover obtient de quelques indigènes de partir avec lui pour le cap Barkin, où il espère trouver trace des embarcations disparues; mais la saison est des plus mauvaises; bientôt les indigènes refusent de le suivre, et, après trois jours d'énormes fatigues, il est obligé de revenir sur ses pas.

C'était alors le 27 octobre et l'on attendait avec impatience l'arrivée des secours demandés à Bouloun : 45 jours s'étaient donc écoulés depuis la séparation des embarcations par la tempête, et nos onze naufragés ne savaient rien encore du sort de leurs infortunés camarades. Le jour était proche cependant où ce lugubre mystère allait être éclairci, et nous allons maintenant, comme classification des faits de ce récit, revenir en arrière et suivre le groupe que commandait de Long.

Le canot n° 1 lui aussi avait résisté, grâce à une ancre flottante, à la tempête du 12 septembre, quoique ayant eu pendant la nuit ses voiles arrachées et ses mâts brisés; continuant sa route au sud-ouest, 5 jours après, c'est-à-dire le samedi 17, il s'échouait à 2 milles de terre au milieu des vases de la pointe ouest du delta de la Léna, près du point marqué sur les cartes « Sagasta » [1]. Les jambes dans l'eau glacée, on gagna le rivage.

Après un indispensable repos de deux jours, de Long et ses 13 hommes se mirent en route vers le sud en vue d'atteindre le village de Bouloun; mais, brisés de fatigue, ils laissaient dans la vase leur canot qu'ils avaient déchargé complètement, et n'emportaient avec eux que le peu de vivres qui leur restât encore. Tous les objets lourds furent déposés dans un cairn [2] indiqué par une perche, ainsi que les journaux, papiers de bord, et aussi une note résumant le voyage de la *Jeannette* et indiquant la route qu'allait suivre cette partie de son équipage. Le 28 septembre ils arrivaient sur les bords d'un des bras du delta, mais, n'ayant plus de canot, ils durent

(1) Disons ici que toutes les cartes de cette partie de la côte sont absolument incorrectes; bien des noms y sont marqués (entre autres celui de Sagasta) comme indiquant des villages ou autres points de station qui n'ont jamais existé; d'autres, au contraire, existent qui n'y sont point indiqués. Ce manque de connaissance exacte du pays fut la cause certaine de la perte des naufragés et de la longueur des recherches faites pour les trouver. Ces recherches mêmes ont d'ailleurs permis de dresser une carte plus exacte de cette contrée affreusement dénudée, triste et raide, qui est connue des Russes sous le nom de *Tundra*.

(2) Tas de pierres ou de terre que l'on élève dans un endroit bien visible, et destiné à attirer l'attention des expéditions ultérieures.

attendre trois jours que la glace fût assez solide pour leur permettre de traverser la rivière. Deux cairns furent établis pendant cette marche contenant des notes du capitaine. Les vivres commençaient alors à manquer; tous les hommes étaient faibles et avaient le scorbut. Il fallut cependant confectionner un traîneau pour y mettre un des matelots, Erickson, qui avait les pieds gelés; le 6 octobre, ce malheureux dut subir l'amputation des doigts de pieds, dont la chair était devenue noire, et il mourait peu après; on l'enterra dans les glaces de la rivière.

De Long, chargé de la vie de tous ses hommes, n'avait pu jusqu'alors consentir à se séparer d'un seul d'entre eux; cependant la misère et les souffrances devenaient trop grandes: ses compagnons de route se traînaient à peine, et, depuis deux jours les vivres manquant, le 9 octobre, il fit partir en avant deux de ses hommes les plus valides, Noros et Nindermann ([1]), pour chercher des secours. La séparation ([2]) fut touchante, et, après le service divin lu par le capitaine, toutes les mains se serrèrent avec émotion comme si chacun pressentait que c'était là un dernier adieu.

Ces deux hommes firent preuve d'un admirable courage : perdus dans les neiges et dans les terres glacées, brisés de fatigue, mourant de faim, mangeant pour se nourrir le cuir de leurs mocassins et leurs pantalons de peau de phoque, ils continuent cependant leur course vers le sud; 14 longs jours s'écoulent ainsi, puis ils trouvent une hutte de chasse dans laquelle ils s'abritent; c'en est fait, ils ne peuvent plus avancer, et ils s'arrêtent, se sentant mourir. C'est là cependant que, le 23 octobre, ils sont enfin trouvés par des Tongouses qui les secourent, leur apportent des vivres, et les emmènent avec eux jusqu'au village de Bulcour. Là, malgré leurs signes et leurs gestes, il leur est impossible de faire comprendre aux indigènes que plus loin, dans le nord, sont encore 11 de leurs compagnons qui ont besoin de secours; ils continuent donc leur route, et au village de Bulak-Surka ils rencontrent l'exilé russe Jérémiah Kusmah qui, revenant de Bouloun, retournait à Geemovialocke annoncer à Melville l'arrivée prochaine des secours promis; le 29 octobre, au reçu de cette importante nouvelle, Melville se mit de suite en route pour les rejoindre et obtenir d'eux-mêmes des renseignements précis sur le sort de de Long.

Le 30 octobre, le sous-officier cosaque Baïshoff, comman-

([1]) Ce même Nindermann qui, en 1871, était resté 197 jours sur le célèbre glaçon du *Polaris*.

([2]) On se trouvait alors sur l'un des bras du delta, près du point indiqué sur la carte sous le nom de « Ostroff ».

dant du poste de Bouloun, arrivait lui-même à Geemovialoke, et, après avoir pourvu aux besoins les plus pressants du lieutenant Danenhover et de ses hommes, il leur procurait des traîneaux et les emmenait avec lui à Bulak-Surka où, le 2 novembre, ils trouvèrent Melville. Là, ce dernier décida qu'il partirait dès le lendemain à la recherche de de Long; Noros et Nindermann se proposèrent pour l'accompagner, mais il refusa, jugeant la santé de tous ses hommes encore trop faible pour en emmener un seul avec lui. Quant à Danenhover, sur l'ordre de Melville, il gagna avec ses 11 compagnons de route le village de Bouloun et, après un voyage de 500 lieues à travers la Sibérie, arriva le 17 décembre à Yakoutsk. Déjà le gouverneur de cette ville ([1]), prévenu par estafette, avait transmis à Irkoutsk la nouvelle du désastre, et de cette capitale où existe enfin le télégraphe, étaient parties les dépêches qui, reçues à Paris le 20 décembre 1881, nous avaient appris le sort terrible de la *Jeannette* et de son équipage.

Mais suivons Melville qui, avons-nous dit plus haut, partit de Bulak-Surka le 3 novembre à la recherche de de Long, emmenant avec lui deux indigènes et deux traîneaux que lui avait procurés le commandant du poste de Bouloun. Il visita d'abord les environs de Bulcour, près du point où Noros et Nindermann avaient été rencontrés par les Tongouses; n'y trouvant rien, ne reconnaissant pas la route que ces deux hommes avaient prise, et les vivres lui manquant, il dut, pour s'en procurer, atteindre tout d'abord le village de Upper-Bouloun, d'où, pensait-il, il pourrait en retournant au sud retrouver les traces de de Long. Dès son arrivée dans ce village, les indigènes lui apportèrent un document provenant de de Long, qu'ils avaient trouvé dans un cairn; l'emplacement exact de deux autres dépôts y était indiqué, et Melville rentra ainsi en possession de tous les instruments, journaux et papiers de bord laissés en arrière par le capitaine, et aussi des notes écrites par lui lors de sa marche à travers le delta. Il put en outre suivre sa route, et plusieurs fois en effet reconnut ses traces et visita des huttes de chasse abandonnées où il s'était abrité; grâce aux renseignements que lui donnèrent ses guides, il put même constater qu'à diverses reprises de Long et ses hommes étaient passés tout près de huttes et de villages tongouses où ils eussent tout de suite trouvé des secours et des vivres, mais dont ces infortunés avaient ignoré l'existence. Melville arriva ainsi jusqu'à Sisteranek. Il espérait enfin rencontrer bientôt, peut-être vivants encore, tous ceux qu'il cherchait. Mais son voyage, jusque-là très pénible, devint

([1]) Général Tchernaïef, parent du héros de Serbie.

alors impossible : les parages où il se trouvait étaient impraticables; les traces qu'il avait pu suivre d'abord étaient perdues, et pendant quatre heures par jour seulement on y voyait assez clair pour continuer les recherches; la glace encore jeune supportait à peine des poids lourds, les traîneaux se renversaient et se brisaient : les Tongouses et leurs chiens eux-mêmes refusaient d'avancer, et Melville, malade, brisé de fatigue, fut obligé d'abandonner son voyage et revint à Bouloun le 1er décembre. Il donna au cosaque Baïshoff des instructions très détaillées pour continuer les recherches, puis il partit pour Yakoutsk où il arriva le 30 décembre, venant chercher des renforts suffisants pour reprendre et terminer enfin l'exploration du delta.

Ainsi donc, le 1er janvier 1882, 13 survivants de la *Jeannette* se trouvaient réunis à Yakoutsk, où tous avaient reçu et reçurent dans la suite les soins les plus bienveillants et les plus désintéressés, tant de la part des autorités que de la population russes. Presque tous, quoique malades et très faibles encore, se remettaient peu à peu de leurs affreuses souffrances; mais le lieutenant Danenhover, l'œil gauche complètement perdu, était menacé de perdre aussi l'œil droit; et le maître d'équipage, Cole, dont la raison n'avait pu supporter d'aussi rudes assauts, était devenu fou, fou furieux même, et il fallait constamment le surveiller.

Cependant 20 personnes de la *Jeannette* manquaient encore! De l'avis de tous, le canot n° 2 (sous les ordres du lieutenant Chipp) avait dû chavirer pendant la violente tempête du 12 septembre, et il se pouvait, dans ce cas, que les objets flottables et le canot lui-même, dérivant sous l'action du vent de nord-est, fussent trouvés vers l'embouchure de l'Alaneck [1]. Si pourtant cette supposition était fausse, depuis longtemps déjà les 8 hommes montant ce canot devaient avoir succombé à la faim, car lors du départ de l'île Semenoff ils possédaient encore moins de vivres que les deux autres groupes.

Quant au capitaine de Long et aux 10 hommes sous ses ordres [2], ils devaient, d'après les renseignements connus, se trouver entre Sisteranek et Bulcour, et c'eût été miracle qu'ils vécussent encore, car depuis deux jours déjà les vivres manquaient lors du départ de Noros et Nindermann. Mais tant est rivé au cœur de l'homme l'espoir qui s'attache à la délivrance

---

(1) A moins, cependant, que le courant ne les eût entraînés vers la Nouvelle-Sibérie, comme on le remarque pour une grande quantité de bois flotté.

(2) Le groupe total de 14 personnes dirigé par le capitaine se réduisait alors à 11, par suite de la mort d'Erickson et du départ de Noros et Nindermann.

des êtres animés, que l'on veut croire au miracle si un miracle seul peut les sauver. Aussi, et malgré les recherches infructueuses déjà faites, se disposait-on à les chercher encore.

D'ailleurs, aussitôt la nouvelle du désastre, on avait en Europe et en Amérique donné des ordres pressants pour l'organisation des secours : d'une part, l'Amirauté américaine prescrivait à Melville de continuer les recherches, et se disposait à envoyer les lieutenants Gerber et Schultz parcourir les différents bras de la Léna à la recherche du canot disparu.

D'autre part, M. Gordon Bennett, alors à Paris, mettait par le télégraphe 25000fr à la disposition des expéditions de secours; de plus, un de ses plus habiles correspondants, M. Jackson, directeur du bureau du *New-York Herald* à Londres, se mettait en route le 7 janvier se rendant à Irkoutsk, puis dans le delta de la Léna.

Enfin, et d'après les ordres mêmes du Czar, des instructions étaient envoyées aux gouverneurs et préfets sibériens pour qu'on ne ménageât rien, ni peine, ni argent.

C'est dans ces conditions que Melville organisa à Yakoutsk un plan complet de recherches, établi de façon que le delta dût être parcouru dans tous les sens, et les côtes environnantes visitées depuis le cap Borchaya à l'est jusqu'à l'embouchure de l'Alaneck à l'ouest.

Pour ces explorations trois groupes furent formés, sous le commandement de Melville et des matelots Nindermann et Bartlett (1), à chacun desquels était adjoint un interprète connaissant le pays; chaque groupe avait à lui ses traîneaux et ses conducteurs indigènes; et enfin, par les ordres du général Tchernaïeff, un grand dépôt de vivres et d'approvisionnements de tous genres était créé à Bouloun.

Le 27 janvier 1882, Melville quittait Yakoutsk avec tout son monde, et arrivait le 17 février à Bouloun, accompagné du préfet russe de Verschoyansk. Après avoir établi en différents points du delta des dépôts secondaires de vivres, les trois groupes réunis partirent le 16 mars de Cath-Cartha et se dirigèrent sur Matvaïh, sans rien découvrir sur tout ce parcours. De là, on remonta vers le nord, suivant autant que possible la route que Noros et Nindermann avaient prise cinq mois auparavant; mais, dans ce pays couvert de neige et d'une désolation uniforme, Nindermann lui-même, qui avait traversé ces parages, ne savait trop à quoi reconnaître son ancienne route, lorsque, le 23 mars, il découvrit sur le bord d'un des bras du

(1) Outre que ces deux hommes étaient les plus valides des survivants de la *Jeannette*, leur désignation provenait de ce que Bartlett avait appris un peu à parler tongouse, et que Nindermann devait par sa présence faciliter les recherches de la route suivie par de Long.

delta les débris d'une embarcation qu'il se rappelait avoir vue en cet endroit peu de temps après avoir quitté ses camarades.

On est donc enfin sur la bonne voie, et l'heure devient solennelle.

Une émotion poignante serre tous les cœurs; peut-être même garde-t-on encore quelque espoir. Mais la réalité impitoyable ne tarde pas à se faire connaître : à 500^{m} plus loin, en effet, le canon d'une carabine et l'extrémité de pieux liés ensemble apparaissent, dépassant de 2 pieds la surface de la neige; on se précipite et l'on fouille, et à 8 pieds de profondeur, sous un lambeau de toile que supportait une perche appuyée sur des pieux, on trouve les cadavres de deux matelots de la *Jeannette*. Non loin de là, l'attention de Melville est attirée par la vue d'une bouillote; il s'approche, et soudain son être entier frissonne : il a heurté du pied une main qui sort de la neige; il s'agenouille aussitôt, écarte de ses mains le froid linceul, et reconnaît le corps du capitaine de Long; près de lui, gisaient les cadavres du Dr Ambler et du cuisinier chinois Ah Sam.

Sur le sol, à côté de de Long, était son carnet, montrant, par cette proximité même, que la pensée dominante du vaillant capitaine avait été jusqu'à la dernière heure le sort de ses compagnons d'infortune : chaque jour il avait noté les événements survenus; c'est ainsi que l'on sut que lui-même, Ambler et Ah Sam avaient été les trois derniers survivants de tout leur groupe, et l'on retrouva aux endroits indiqués par lui les cadavres de tous ceux qui les avaient précédés dans la mort.

Tous gisaient çà et là dans un espace de 500^{m} autour de la tente, quelques-uns couverts de 20 pieds de neige; plusieurs d'entre eux, n'ayant plus de chaussures, portaient seulement des chiffons de toile enroulés autour des jambes, mais des morceaux de cuir à moitié brûlés, trouvés dans leurs poches, ne montraient que trop clairement à quelle extrémité ces malheureux, mourant de faim, s'étaient trouvés réduits. Dans la bouillote étaient encore des morceaux d'écorce de saule arctique dont ils avaient bu l'infusion.

C'est donc de fatigue et de faim que tous ces braves étaient morts! Jetons d'ailleurs un rapide coup d'œil sur le carnet du capitaine, et nous aurons ainsi une idée des cruelles souffrances de leur longue agonie; mais, auparavant, rappelons-nous que le 9 novembre, c'est-à-dire lors du départ de Noros et Nindermann, le dernier chien avait été mangé et les vivres manquaient totalement depuis deux jours; pour toute nourriture ce jour-là, chacun avait reçu à souper une demi-once d'alcool avec de l'eau chaude.

« *Lundi* 10 *octobre* 1881. — Nous avons pris ce matin, à 5^{h},

notre dernière once d'alcool; mangé des morceaux de la peau de renne qui servait à m'envelopper les pieds. Épuisés, nous nous traînons dans une brèche de la rive pour y allumer du feu. Nous avons pour souper une cuillerée de glycérine. Tout le monde est faible, mais plein de courage. Que Dieu ait pitié de nous !

» *Mardi* 11. — Ouragan du sud-est et neige. Nous n'avons pour toute nourriture qu'une cuillerée de glycérine et de l'eau chaude. Il n'y a plus de bois autour de notre campement.

» *Mercredi* 12. — Pris à déjeuner notre dernière cuillerée de glycérine. Nous avons à peine assez de force pour aller chercher du bois. Pour souper, une couple de poignées d'écorce de saule arctique infusée dans de l'eau.

» *Jeudi* 13. — Infusion de saule arctique. Pas de nouvelles de Nindermann. Nous sommes dans la main de Dieu ! Rester ici, c'est mourir de faim; nous faisons un mille en avant. Nuit horrible.

» *Vendredi* 14. — Infusion de saule; à dîner, une demi-cuillerée à café d'huile douce.

» *Samedi* 15. — Infusion de saule et deux vieilles bottes.

» *Dimanche* 16. — Alexis est « broken down » (1).

» *Lundi* 17. — Alexis mourant; le docteur le baptise; le soir il meurt. M. Collins a aujourd'hui quarante ans.

» *Mardi* 18. — La neige tombe. Déposé Alexis sur la glace de la rivière, et couvert son corps de glaçons plats.

» *Mercredi* 19. — Nous coupons la tente en morceaux pour nous envelopper les pieds. Changé de campement.

» *Jeudi* 20. — Lee et Knack sont agonisants.

» *Vendredi* 21. — Vers minuit, le docteur et moi nous trouvons Knack mort entre nous deux. Lee est mort vers midi. Lu les prières des morts.

» *Samedi* 22. — Nous sommes trop faibles pour transporter sur la glace les corps de Lee et de Knack; avec M. Collins nous les portons de l'autre côté de la pointe. Mes yeux se ferment.

» *Dimanche* 23. — Tous très faibles. Lu une partie du service divin.

» *Lundi* 24. — Nuit cruelle.

» *Mardi* 25. — Rien.

» *Mercredi* 26. — Rien.

» *Jeudi* 27. — Ivorsen « broken down ».

» *Vendredi* 28. — Ivorsen est mort ce matin.

» *Samedi* 29. — Dressler est mort cette nuit.

» *Dimanche* 30. — Boyd et Gortz sont morts cette nuit. M. Collins est mourant. »

---

(1) Brisé, à bout de forces.

Ici s'arrête le carnet de de Long. Au moment de cette dernière note trois hommes vivaient donc encore : de Long, Ambler et Ah Sam, et nul ne saura jamais lequel d'entre eux a survécu aux deux autres pour recevoir leur dernier soupir.

Ainsi que nous l'avons dit, tous les corps furent retrouvés, et Melville les fit porter au sommet d'une colline rocheuse élevée d'environ 300 pieds au-dessus du niveau du fleuve (1).

Ces onze pauvres corps, gelés et ressemblant à autant de statues de marbre, furent mis côte à côte dans un unique et énorme caisson placé au pied d'une croix élevée sur la colline et entourée de madriers et de pierres, de manière à donner à ce mausolée l'aspect d'un monticule pyramidal. Une épaisse couche de terre recouvrira cette pyramide et empêchera ainsi la chaleur du soleil de pénétrer jusqu'aux cadavres et de les dégeler; ils pourront donc se conserver là bien longtemps encore. Sur la croix, qui s'élève de 22 pieds au-dessus du roc, fut gravée une inscription rappelant les noms et la mort de tous ces infortunés. Enfin, tous les fonctionnaires de la région reçurent l'ordre de veiller dans l'avenir au bon entretien du monument.

Ce triste devoir accompli, Melville fit rassembler non seulement les papiers, cartes et journaux de bord laissés par de Long et ses compagnons d'infortune, mais aussi les objets de valeur ou autres pouvant avoir quelque intérêt pour leurs familles ou leurs amis; toutes ces précieuses reliques furent mises sous scellés et envoyées à Yakoutsk.

Il restait encore à chercher le canot n° 2 et le groupe du lieutenant Chipp. Le 10 avril, Melville se dirigea sur l'embouchure de l'Alaneck, et de là atteignit Cath-Cartha, après avoir exploré la côte ouest et tous les cours d'eau de cette partie du delta; en même temps Nindermann et Bartlett s'étaient rendus au cap Barkin, et le premier, visitant soigneusement toute la côte nord, était aussi revenu à Cath-Cartha, tandis que le second, descendant la côte est, atteignait Geemovialocke. Là, les trois groupes se réunirent et explorèrent toute la baie Borchaya en remontant jusqu'au cap de ce nom. Ainsi donc tout le delta fut parcouru, fouillé même, et nulle part on n'aperçut la moindre trace du canot disparu ; force fut d'admettre comme vraie la triste présomption que ce canot avait sombré pendant la tempête, et que Chipp et ses hommes avaient péri au sein des flots.

Le 2 mai, tous les partis d'exploration quittèrent ces sombres parages, se dirigeant sur Yakoutsk où ils arrivèrent

(1) Une tombe construite dans le terrain même sur lequel ils gisaient eût été au printemps suivant emportée par l'inondation, toute la surface du delta se trouvant alors couverte de 4 pieds d'eau.

le 8 juin ([1]), et trois jours après, les derniers survivants de la *Jeannette* ([2]) partaient pour New-York en passant par Saint-Pétersbourg et Paris ([3]).

Telle fut la terrible odyssée de la *Jeannette*. Après un emprisonnement de vingt et un mois dans les glaces, après l'écrasement de son navire, la retraite dirigée par le capitaine de Long dans les conditions que l'on connaît est la retraite d'un héros.

Honneur à de Long, qui, à bien des titres comparable à Franklin, a toujours su déployer les qualités les plus parfaites du courage et du commandement! Honneur à tous ses compagnons, officiers et matelots, dont l'esprit de discipline et de sacrifice est une gloire pour la marine qui compte de tels hommes dans ses rangs! Treize d'entre eux ont échappé comme par miracle au désastre de leur entreprise et, plus heureux que leurs infortunés camarades, ont pu revoir le sol natal; l'honneur de tous leur reste, et la tristesse de leur deuil jette un nouvel éclat sur leur salut inespéré.

Aux nombreux témoignages de sympathie qu'ils ont reçus déjà, qu'il nous soit permis de joindre ici l'expression de l'admiration qu'ils nous inspirent.

Et maintenant, avant de terminer cette étude, constatons, à l'honneur de la science, que de pareilles catastrophes sont loin de décourager les explorateurs. Chaque année voit s'augmenter le nombre des navires qui s'efforcent ou de pénétrer plus avant, ou d'arracher leurs secrets à ces terribles parages. La plupart des nations maritimes envoient leurs officiers et leurs hommes se tremper à cette rude école du voyage arctique, où ils ont à faire, tous et toujours, preuve de qualités très grandes de savoir, de courage et de discipline.

En ce moment même a lieu une expédition danoise, qui, partie de Copenhague en juillet 1882 à bord de la *Dijmphna*, commandée par le lieutenant Hovgaard ([4]), devait s'avancer

---

([1]) Pendant ce voyage Melville rencontra à Verschoyansk MM. Jackson et Gilder, tous deux correspondants du *New-York Herald;* et aussi le lieutenant Berry, ancien commandant du *Rodgers,* qui, après l'incendie de son navire, avait hiverné au cap Serdze et venait de traverser toute la Sibérie.

([2]) Le lieutenant Danenhover avait quitté cette ville le 11 mars accompagné des 9 autres survivants, et avait rejoint l'Amérique par Saint-Pétersbourg et Londres.

([3]) A leur passage à Paris, un télégramme de sympathie leur fut adressé par la Société de Géographie.

([4]) Ce navire a été fourni à titre gracieux, en vue de l'expédition, par un commerçant de Copenhague, M. Gämel. Le lieutenant Hovgaard est un ancien compagnon de voyage de Nordenskiöld; dans son état-major figure un officier de la marine italienne, M. de Rensis.

aussi loin que possible vers le nord, en prenant pour base d'opération les terres François-Joseph; mais, empêché et saisi par les glaces, ce navire doit (comme nous le verrons plus loin) se trouver actuellement dans la mer de Kara, où il a porté secours à l'expédition circompolaire hollandaise.

§ 5.

Certes, ce n'est point le fait d'une intelligence vulgaire que de chercher à pénétrer l'inconnu au milieu des glaces du pôle; plusieurs nations rivalisent dans ce but, et c'est toujours une gloire nouvelle pour le drapeau qui flotte le premier au sein de ces régions que nos aïeux croyaient inaccessibles.

Mais il faut reconnaître toutefois que, si l'on résume les résultats scientifiques des expéditions passées, ils ne répondent point aux sacrifices considérables d'hommes et de millions qu'ils ont coûté. Avec une persévérance et une ténacité admirables, on a parcouru en navire ou traversé en traîneau une grande partie du bassin polaire, mais la valeur des découvertes faites gît plutôt dans l'énorme dépense de travail et de dévouement qu'elles impliquent, — preuve de ce que peut l'homme quand il poursuit une œuvre idéale, — que dans les conséquences scientifiques qui en résultent, et il faut avouer même que cette valeur scientifique se réduit à mesure qu'on l'analyse de plus près.

Aussi, bien des personnes ont-elles pu croire que les voyages polaires sont absolument stériles et sans but possible d'utilité pratique. C'est là une grave erreur qu'il ne faut pas laisser subsister.

On peut affirmer sans crainte que, pour l'étude des sciences naturelles, les régions polaires sont de beaucoup les parties les plus importantes du globe; les conditions extrêmes au milieu desquelles se manifestent les forces de la nature dans le voisinage des pôles provoquent des phénomènes qui nous offrent les meilleurs moyens d'étudier l'essence même de ces forces. C'est ainsi que l'étude du magnétisme terrestre et de ses perturbations est l'une des plus importantes, mais aussi et malheureusement l'une des plus obscures encore de toute la Physique. A côté d'elle se place tout naturellement l'examen approfondi des aurores boréales, cette curieuse manifestation de l'électricité atmosphérique si rare dans nos contrées.

En ce qui touche la Météorologie, le voisinage des pôles, entourés de leur ceinture de glace, donne à ces régions une influence décisive, le mouvement général de notre atmosphère étant basé sur les courants d'air froid ou chaud, sec ou humide, qui s'échangent entre l'équateur et les pôles; la distribution du calorique sur notre globe constitue l'une des

questions fondamentales de la Météorologie, et d'une observation complète des vents et des courants de l'atmosphère on pourra déduire, dans l'intérêt de l'agriculture et de la navigation, des prévisions sérieuses pour les conditions climatériques qui affectent nos contrées.

L'Astronomie et la Géodésie sont également intéressées dans ces hautes latitudes, l'une par les phénomènes de réfraction anormale constatés dans les régions polaires, l'autre par l'aplatissement de la Terre que permettra d'étudier l'oscillation du pendule, c'est-à-dire l'intensité de la pesanteur dans les environs du pôle.

Pour la flore et la faune, l'étude de la vie animale et végétale au milieu de conditions tellement extrêmes doit être d'un immense intérêt. Quant à la Géologie et à l'étude des phases que notre globe a traversées, la Sibérie avec sa faune antédiluvienne, la Nouvelle-Zemble, le Spitzberg et le Groënland avec leurs pétrifications et leurs fossiles sont des mines précieuses pour le paléontologiste, et lui ont ouvert déjà bien des horizons nouveaux.

Bien d'autres branches des sciences naturelles pourraient être citées encore comme intéressées au plus haut point dans les explorations polaires, et cependant, sur tout ce vaste domaine, la somme des connaissances acquises jusqu'à ce jour est encore bien minime. La faute en est non pas au manque d'exactitude ou au petit nombre des observations recueillies, mais bien dans ce fait que le but suprême des missions arctiques a toujours été jusqu'ici la découverte géographique; tout lui a été subordonné, et la gloire même qui y était attachée a fait reléguer au second plan les explorations purement scientifiques; partout on a concentré ses efforts sur la voie la plus directe pour atteindre le pôle, et l'on s'est peu soucié des trésors de science disséminés le long de la route. Évidemment le voyageur arctique, prisonnier de la banquise ou attelé à son traîneau, ne saurait être astreint à des observations scientifiques suivies, alors que trop souvent, hélas! il ne peut que lutter pour l'existence même.

Remarquons en outre que, jusqu'à ce jour, les expéditions ont été faites séparément, n'offrant par suite aucun des éléments d'ensemble nécessaires pour établir une comparaison des observations recueillies. Aussi, quoique nombreuses et bien faites, ces observations n'offrent-elles que des résultats isolés, n'ayant qu'une importance secondaire. C'est par des stations prolongées en certains points déterminés des régions polaires qu'on peut seulement arriver à y faire des observations d'une valeur réelle, et non pas par des voyages où domine surtout le désir de pousser plus loin et plus au nord que ses devanciers.

Il faut pouvoir comparer des observations faites simultanément en plusieurs points différents, pour arriver à connaître les lois générales qui président soit aux mouvements magnétiques, soit à la formation des aurores boréales, soit enfin à la marche des vents et des courants, à l'état et à la débâcle des glaces; et c'est par la connaissance de ces dernières lois que l'on pourra s'assurer l'accès plus ou moins facile de l'intérieur du bassin arctique.

Ces études ne seront même complètes que si elles sont faites en même temps dans les environs des deux pôles, car, pour les perturbations magnétiques par exemple, il importe de connaître si elles se manifestent à la fois aux deux extrémités de notre globe.

La nécessité se démontrait donc d'établir autour des régions polaires un vaste réseau de stations purement scientifiques procédant à toutes ces observations simultanément et d'après les mêmes règles.

Mais il fallait, pour exécuter un tel projet, l'adhésion et l'accord de toutes les puissances maritimes, et c'est au regretté lieutenant Weyprecht (1) et à M. le comte Wilczek que revient l'honneur de s'être faits généreusement les promoteurs de cette idée grandiose. A la suite de pourparlers diplomatiques nombreux, la plupart des nations européennes se rallièrent, ainsi que l'Amérique, au projet présenté; des délégués de chacune d'elles se rendirent à Hambourg, à Berne et à Saint-Pétersbourg, dans des conférences où furent discutés le choix des points les plus propres à l'installation des observatoires, les observations à recueillir et le temps à y consacrer.

Chacune des nations représentées s'engagea à entretenir à ses frais, pendant au moins une année (d'août 1882 à août 1883), une mission scientifique dans l'un des points convenus, et à se conformer strictement au programme arrêté d'avance. C'est ainsi que l'établissement de 15 observatoires fut résolu, pour lesquels de fortes subventions furent accordées non seulement par les nations intéressées, mais encore par diverses personnes enthousiastes de ce grand projet.

Rapport sur le tremblement de terre ressenti à Ischia, le 28 juillet 1883. — Causes probables des tremblements de terre;

Par M. DAUBRÉE.

L'île d'Ischia, voisine de l'île de Procida, appartient au

(1) Lieutenant de vaisseau de la marine autrichienne, l'explorateur célèbre qui, en 1873, à bord du *Tegethoff*, découvrit les terres François-Joseph.

groupe volcanique des Champs Phlégréens, qu'un bras de mer de 3^{km} seulement en sépare.

La constitution géologique de l'île d'Ischia est bien connue [1]. Cette île n'a que 9^{km} dans sa plus grande dimension; vers son centre s'élèvent les crêtes dentelées de l'Epomeo, dont l'altitude est de 592^{m}.

La partie la plus ancienne de l'île est formée par le tuf de l'Epomeo qui contient des débris de roches feldspathiques et de pierre ponce, ainsi que des coquilles marines annonçant que ces dépôts se sont produits sous la mer. Sur le tuf sont superposés, çà et là, des dépôts de pierre ponce avec des roches trachytiques qui se montrent à Monte Rotaro, à Montagnone, à Tabor et ailleurs. Sur le tuf de l'Epomeo repose un produit de la décomposition de cette roche, passant quelquefois à une argile plastique propre à la fabrication des briques.

Un dépôt littoral de gravier et d'argile contenant de nombreux fossiles marins, d'espèces actuellement vivantes, indique qu'une partie considérable de l'île était encore submergée à une époque très récente.

Sur ce dépôt argileux est bâti Casamicciola, sur le versant septentrional de l'Epomeo.

Plusieurs éruptions volcaniques ont eu lieu à Ischia depuis les temps historiques : une d'elles, signalée par Pline et Strabon, qui aurait détruit en partie une colonie d'Erythréens; une autre, vers l'année 470 avant notre ère, a été fatale à une colonie de Syracusains; une troisième serait comprise entre les années 352 et 400 avant notre ère; une autre est de l'année 89 avant notre ère; enfin on en a signalé plusieurs comme étant survenues entre l'an 79 et 81, entre 138 et 161, sous Antonin le Pieux, et sous Dioclétien, entre 284 et 305. Le dernier épanchement de la lave survenu dans cette île, en 1301, est représenté par la belle coulée trachytique de l'Arso. Ce repos de six siècles n'est pas de nature à faire croire que le volcan soit éteint, puisque, antérieurement, il avait été environ mille ans sans se réveiller.

D'ailleurs, l'activité volcanique se manifeste encore par les jets de vapeur d'eau et les sources thermales qui se montrent de toutes parts dans l'île, et particulièrement dans la partie septentrionale.

En parcourant la côte de l'est à l'ouest, on rencontre les sources thermales de Pontano, de Fornello et Fontana, près d'Ischia; les jets de vapeur et les sources thermales de Castiglione près de la pointe de ce nom; les jets de vapeur de

---

(1) Notamment d'après les études de M. Ferdinand Fonseca et de M. le Dr C.-W.-C. Fuchs.

Cacciuto sur la lave trachytique du Tabor; les nombreuses et abondantes sources thermales de Gurgitello a Monte, tout près de Casamicciola, avec leurs forts dégagements d'acide carbonique; la fumerolle de Monte-Cito, à l'ouest de Casamicciola, qui donnait récemment beaucoup de vapeur d'eau et d'acide sulfureux par des fractures du tuf de l'Epomeo; enfin les sources thermales que l'on utilise aux bains Cotugno ou Paolone, près de Forio, et qui jaillisent des flancs du Monte-Nuovo. Les ruisseaux qui se rendent à la mer sont en partie alimentés par l'eau thermale, et le fond de la mer lui-même sur le littoral est à une température assez élevée [1]. M. Baldacci considère toutes ces émanations comme correspondant à une grande fracture, un peu infléchie, se dirigeant de l'est à l'ouest.

Deux jets de vapeur moins actifs sont à l'origine des deux grands éboulements qui, lors du tremblement de terre, se sont faits sur le versant de l'Epomeo, et ils sont probablement sur une cassure latérale parallèle à la première.

Les émanations suivantes, qui se dirigent du nord-nord-ouest au sud-sud-est, appartiendraient à une seconde fracture. Ce sont, près de Lacco Ameno, les sources thermales de Santa Restituta; les jets de vapeur de San Lorenzo; la fumerolle déjà citée de Monte Cito; puis, sur le versant sud de l'Epomeo, les sources thermales de Fondolillo et les jets de vapeur de Testaccio. La vallée escarpée du Scarrupato, dans laquelle se trouvent ces dernières émanations, est à peu près dans le même alignement, et il en est de même des deux cours d'eau qui se dirigent en sens inverse vers le nord.

Ces deux fractures se croiseraient, à peu près à angle droit, à Monte Cito, presque sous la ville de Casamicciola.

En outre, et d'après M. de Rossi, une cassure circulaire existe sur toute la périphérie de l'Epomeo, et le cône central serait plus récent que le reste de l'île, de même que le cône actuel du Vésuve est plus récent que la Somma.

Il n'est pas inutile d'ajouter que toutes les sources thermales de l'île sont caractérisées par la présence du chlorure de sodium et du carbonate de soude.

La secousse qui plongea dans la désolation cette riante contrée survint le 28 juillet, à $9^h 25^m$ du soir. Elle fut accompagnée d'un mugissement épouvantable, qui dura, semble-t-il, une vingtaine de secondes.

Casamicciola, Lacco Ameno furent comme rasés au niveau

(1) Une source froide qui se trouve dans la partie haute de l'Epomeo, près de Monte Buceto, est amenée par un aqueduc à la ville d'Ischia. A Casamicciola, on se sert de citernes dans lesquelles on recueille l'eau de pluie.

du sol, avec un grand nombre de victimes humaines; Serrara Fontana et d'autres localités éprouvèrent de moins grands dégâts. La commotion fut ressentie à Ischia, sans y produire de dommages. Elle fut sensible aussi à l'île de Procida et fut indiquée par des séismographes à l'Observatoire de Rome. Mais, en résumé, l'ébranlement violent fut très restreint.

A Casamicciola et à Lacco Ameno, ce fut d'abord, pendant quelques secondes, une trépidation ou un sautillement d'une violence extrême (mouvement *subsultoire*) qui déchiqueta les édifices : le mouvement ondulatoire en différentes directions qui suivit a fait le reste. Il en fut de même à Forio.

Quant aux phénomènes précurseurs de l'événement, les renseignements sont contradictoires : seulement il paraît certain que, peu de jours auparavant, on avait éprouvé quelques légères secousses avec de faibles bourdonnements; que les sources de Gurgitello et d'autres avaient montré de l'irrégularité dans leur volume et dans leur température et que la fumerolle de Monte Cito, à peu près inactive, s'était réveillée en émettant un sifflement particulier et de forts jets de vapeur accompagnés d'acide sulfureux; d'autres jets de vapeur sont devenus beaucoup plus actifs dans les jours qui ont précédé et suivi le tremblement de terre. On dit aussi qu'à Forio, dans les citernes de San Pietro et de la partie haute de la ville, on avait observé une élévation de température de l'eau.

Les édifices construits sur le trachyte à Lacco Ameno et à Monte Zale ont souffert incomparablement moins que ceux qui reposent sur les tufs de l'Epomeo et sur les argiles provenant de sa décomposition. Casamicciola était presque entièrement sur ces argiles, et l'on peut dire sans exagération qu'il ne reste pas pierre sur pierre : il en est de même à Forio qui était également sur ce tuf. A Lacco, toutes les constructions reposant sur le trachyte résistèrent beaucoup mieux. Cette fâcheuse influence d'un sol peu solide a déjà été, autrefois, l'objet d'observations de M. Robert Mallet.

Comme d'ordinaire, les points les plus ébranlés s'alignent sur les fractures principales du sol, particulièrement sur la fissure nord-nord-ouest à sud-sud-est, ainsi que sur celle qui contourne l'Epomeo; d'après M. de Rossi, qui a signalé cette dernière, elle serait comme jalonnée par les ruines les plus considérables.

M. le professeur Palmieri avait pensé que la catastrophe se rattache à l'existence d'anciennes carrières et à la rupture des piliers qui les supportaient; ruptures produites par le tremblement de terre et facilitées près de Gurgitello par des affouillements dus aux eaux thermales. Mais il est à remarquer qu'à Casamicciola, non plus qu'aux environs, on n'a pu constater aucun abaissement du niveau du sol : toutes les routes con-

servent alors leur niveau. Il y a seulement eu des effondrements, mais peu profonds, sur les flancs de l'Epomeo, comme on vient de le voir.

Antérieurement au 28 juillet dernier, l'île d'Ischia avait été souvent ébranlée avec violence.

Un tremblement de terre, arrivé le 2 février 1828, avec une force extraordinaire, frappa particulièrement les environs de Casamicciola et détruisit les habitations. Celui du 7 juin 1862 fut beaucoup plus violent encore. En août 1867, les environs de Naples furent ébranlés par des secousses très sensibles à Ischia, et ce fut encore Casamicciola qui fut le plus éprouvé. Enfin, le 4 mars 1881, il s'en produisit sur le versant nord de l'Epomeo un autre dont Casamicciola souffrit beaucoup.

Toutes ces secousses, y compris celle de cette année, doivent être attribuées à l'activité volcanique qui réside sous l'Epomeo et qui se réveille à certains intervalles.

On aura la cause de la triste prérogative de Casamicciola en remarquant qu'il est situé sur un point faible, correspondant précisément à l'intersection de la fracture nord-nord-ouest à sud-sud-est et de la fracture circulaire.

Causes probables des tremblements de terre.

Après avoir exposé les faits essentiels relatifs au tremblement de terre d'Ischia, je présenterai quelques observations relatives aux causes probables des tremblements de terre. Ces causes ont donné lieu depuis longtemps à bien des conjectures; mais, dans ces derniers temps, des études nombreuses ont contribué à en préciser les caractères; plusieurs données expérimentales récentes tendent d'ailleurs à en éclairer le mécanisme.

On sait que les secousses sont loin d'être réparties au hasard à la surface du globe. Les contrées dont les couches ont conservé leur horizontalité première, comme le nord de la France, une partie de la Belgique, la plus grande partie de la Russie, sont privilégiées sous le rapport de la tranquillité. Les commotions violentes se manifestent tout particulièrement dans les régions qui ont subi des accidents mécaniques considérables et ont acquis leur dernier relief à une époque récente, comme les Alpes, l'Italie, la Sicile.

Les bandes de terrains qui sont ébranlées simultanément par une même secousse sont quelquefois fort restreintes, lors même que le choc est très violent; le plus souvent, elles comprennent des arcs de 5° à 15°, soit 300^{km} à 1500^{km}; rarement elles embrassent une fraction beaucoup plus notable de la surface du globe, comme lors de la célèbre catastrophe de Lisbonne, du 1er novembre 1755, qui s'étendit sur 18° à 20°,

jusqu'en Afrique et dans les deux Amériques, sur une surface égale à environ quatre fois celle de l'Europe, ou $\frac{1}{13}$ de la surface du globe.

L'examen détaillé de beaucoup de tremblements de terre a permis de déterminer le centre de leurs secousses, ainsi que le contour des aires ébranlées. D'après la manière dont ces dernières surfaces se raccordent avec les lignes de dislocations préexistantes, plusieurs géologues des plus distingués, notamment MM. Dana, Suess et Albert Heim, ont considéré les secousses dont il s'agit comme se rattachant à la formation des chaînes de montagnes, dont elles seraient, en quelque sorte, la continuation.

De toutes parts, en effet, l'écorce terrestre montre des effets gigantesques exercés par des pressions latérales qui se sont opérées à toutes les époques. Les couches ployées et reployées maintes fois sur des milliers de mètres d'épaisseur, ainsi que les grandes fractures qui les traversent, sont les témoins éloquents de ces actions mécaniques. Malgré la tranquillité apparente qui règne aujourd'hui à la surface du globe, l'équilibre n'y existe pas dans la profondeur, et les mouvements n'y sont pas arrêtés. On en trouve la preuve, non seulement dans les tremblements de terre, mais encore dans les mouvements lents du sol, d'élévation et d'abaissement, sorte de gauchissement qui continue à se manifester depuis les temps historiques dans toutes les parties du globe. On conçoit que des actions lentes de ce genre, après des tiraillements plus ou moins prolongés, aboutissent à des mouvements brusques, comme Élie de Beaumont le supposait. On le voit aussi dans les expériences destinées à imiter les ploiements de couches, où des inflexions graduelles amènent tout à coup des fractures et des rejets.

De simples écroulements dans des cavités profondes ont aussi été considérés comme pouvant donner naissance à des tremblements de terre, et c'est cette opinion qu'a adoptée M. Boussingault à propos des études bien connues qu'il a faites dans les Andes.

Rien ne prouve qu'il n'y ait pas de perturbations de ces diverses sortes dans l'intérieur du globe; mais on ne peut certainement les considérer comme la cause générale des tremblements de terre.

Pour la plupart, les tremblements de terre sont, en effet, en connexion évidente avec les volcans. C'est dans le voisinage de ceux-ci qu'ils sont particulièrement fréquents, et, comme on le sait, toute éruption est annoncée par des tremblements de terre précurseurs, dont la violence se calme quand une bouche volcanique vient à s'ouvrir, donnant une issue à la vapeur d'eau, successivement cause de ces agitations souterraines et moteur de toutes les éruptions.

La tension de la vapeur d'eau dans les réservoirs volcaniques peut être très élevée; c'est ainsi que celle qui force la lave à monter à plus de 3000^{m} au-dessus du niveau de la mer, au sommet de l'Etna, ne peut être inférieure à 1000^{atm}.

Une étude attentive des phénomènes confirme l'idée naturelle d'attribuer à la vapeur d'eau la cause de ces secousses, quelque violentes qu'elles soient.

Pour qu'il en soit ainsi, il suffit que la vaporisation de l'eau ait lieu à une température élevée, par exemple à 1000°, température approximative des laves, et sous un volume qui soit de l'ordre de celui de l'eau liquide dont la vapeur provient. Dans ces conditions, on doit admettre que la vaporisation est totale; car la *température critique* au-dessus de laquelle la liquéfaction de la vapeur doit être considérée comme irréalisable est, d'après M. Clausius, de +332°. La pression, dont il est d'ailleurs possible d'avoir une évaluation approchée, devient alors comparable à celle des gaz explosifs les plus puissants et, par conséquent, capable de produire des effets dynamiques très considérables.

Ces effets se produiraient encore à une température bien moins élevée que celle des laves, par exemple à 500°, dès qu'on admet que le volume imposé à la vapeur est assez restreint pour correspondre à une densité de 0,8 ou de 0,9.

Il n'est pas douteux que de telles conditions ne se réalisent dans les régions intérieures du globe où l'eau est confinée dans les espaces restreints et où elle est échauffée, comme les roches en fusion que nous voyons s'en épancher à la surface et qui ont jusqu'à 1000° et davantage. Une telle profondeur et une pareille température ne sont même pas nécessaires, comme on vient de le voir.

Dans ces conditions de surchauffement, la vapeur d'eau acquiert une puissance dont les plus terribles explosions de chaudières ne donneraient pas une idée, si l'on n'en avait le résultat sous les yeux.

Les tubes en fer d'excellente qualité dont je me suis servi autrefois, pour étudier l'action de l'eau surchauffée dans la formation des silicates, avaient un diamètre intérieur de 21^{mm} et une épaisseur de 11^{mm}. Ils faisaient quelquefois explosion et étaient projetés en l'air, avec un bruit comparable à celui d'un coup de canon. Avant d'éclater, les tubes se bombaient sous forme d'une ampoule, et c'est au milieu de cette ampoule que s'ouvrait une déchirure. Si le fer n'avait point de défauts et qu'on estimât qu'il conserve vers 450°, température à laquelle il était porté, la même ténacité qu'à froid, de telles déchirures supposeraient certainement une pression intérieure de plusieurs milliers d'atmosphères.

Quelques centimètres cubes d'eau avaient suffi pour produire

un tel effet; et, d'après la petitesse des dimensions intérieures du tube, comparée au volume de cette eau, la vapeur devait atteindre une densité voisine de 0,9.

Cela posé, si l'on se reporte aux données que nous possédons sur les régions profondes du globe, il n'est pas difficile de concevoir des dispositions fort simples et telles, que la vapeur d'eau devienne explosive dans les conditions que l'on vient de déterminer et provoque brusquement ces chocs ou ces séries de chocs qui, trop souvent, se font sentir à la surface.

Quelle que soit l'idée qu'on se fasse des réservoirs volcaniques, lors même que les masses fondues qui s'en épanchent sous forme de laves ne formeraient que des accidents circonscrits, comme des lacs intérieurs, on doit admettre comme très probable qu'entre ces masses en fusion, molles ou fluides, et les masses solides qui leur sont superposées, il existe des solutions de continuité.

D'ailleurs, des cavités peuvent exister aussi dans les roches solides elles-mêmes qui sont superposées aux masses pâteuses.

D'un autre côté, les pertes incessantes que subissent ces réservoirs intérieurs, par suite des quantités énormes d'eau à l'état de vapeur qui s'en dégagent chaque jour, doivent être réparées par une alimentation partant de la surface.

J'ai montré par une expérience que cette alimentation peut se produire à travers les pores mêmes de certaines roches. La simple action de la capillarité agissant concurremment avec la pesanteur force l'eau à pénétrer, malgré les contre-pressions intérieures très fortes, des régions superficielles et froides du globe jusqu'aux régions profondes et chaudes, où, à raison de la température et de la pression qu'elle y acquiert, elle devient capable de produire de très grands effets mécaniques et chimiques.

Que l'on suppose que l'eau pénètre, soit directement, soit après une étape dans une région où elle reste encore liquide, jusqu'aux masses en fusion, de manière à y acquérir subitement une tension énorme et une force explosive, on possédera la cause possible de véritables explosions antérieures et de chocs brusques dus à des gaz à haute pression.

Si les cavités, au lieu de former un réservoir unique, sont divisées en plusieurs parties ou compartiments distincts, il n'y a pas de raison pour que la tension de la vapeur soit la même dans ces divers récipients, pourvu qu'ils soient séparés par des parois de roches. La pression peut être même très différente dans deux ou plusieurs d'entre eux. Cela admis, si un excès de pression brise une paroi de séparation ou que la chaleur la fonde et la fasse ainsi disparaître, de la vapeur à grande pression se mettra en mouvement et, en présence

des masses solides qu'elle viendra frapper, elle se comportera de même que s'il y avait une formation brusque et instantanée de vapeur, comme on l'a supposé d'abord.

Il est bien difficile d'établir, comme on a cherché à le faire, une démarcation tranchée entre les caractères des tremblements de terre des régions volcaniques proprement dites et ceux des régions dépourvues de volcans, telles que le Portugal, l'Asie Mineure (Chio, 3 avril 1881, cinq mille victimes), la Syrie, l'Algérie et en général le pourtour méditerranéen. Les manifestations externes les plus caractéristiques des uns et des autres sont les mêmes. Comme exemple entre mille, les tremblements de terre qui ont eu lieu non loin du Rhin les 17 décembre 1834, 24 janvier 1840, 22 février et 13 octobre 1841, 29 juillet 1846, et qui avaient pour centre d'ébranlement le lac de Laach et une partie de l'Eifel, pourraient servir également de trait d'union entre les deux groupes.

Si, comme on le prétend, les mouvements intérieurs des roches étaient une cause de véritables tremblements de terre, cela pourrait être, parce que ces mouvements intérieurs développeraient mécaniquement de la chaleur et provoqueraient ainsi la formation de vapeur d'eau.

Mais, pour les régions récemment disloquées dont il s'agit, qui sont le siège de secousses si fréquentes, une autre cause est bien plus probable. Il y reste sans doute des interstices et des cavités intérieures qui permettent l'accès de l'eau jusqu'à des régions chaudes. La profondeur des foyers d'ébranlement des tremblements de terre a été estimée, dans divers cas, à 11^{km}, 27^{km}, 38^{km}, d'après des évaluations dont l'approximation ne peut être qu'assez grossière. En tout cas, cette profondeur, qui est très faible comparée à la grandeur du rayon terrestre, est assez forte pour que, d'après l'accroissement normal, la température y soit déjà très élevée et qu'il en soit de même pour l'eau qui y réside. Or, comme on vient de le voir, la température de 500° suffit déjà pour que l'eau cause de violentes explosions.

Il est certain que, dans le plus grand nombre des cas, il est bien difficile d'admettre comme moteurs des tremblements de terre des chocs intérieurs entre des corps solides. Comment comprendrait-on, par exemple, qu'il en fût ainsi pour un tremblement de terre violent et étendu, comme celui de Lisbonne, du 1er novembre 1755? Dès 1760, John Mitchell tirait de ce mémorable exemple la conclusion que la vapeur d'eau intervient dans ces secousses aussi bien que dans les éruptions des volcans.

Des effets manifestes d'explosions internes, sans doute dus à la production ou à la mise en mouvement subite d'une grande quantité de vapeur surchauffée, se montrent à l'époque

actuelle et sans que l'événement soit des plus rares. Ainsi ces explosions sont exceptionnellement formidables dans la région de Java, et l'esprit se reporte naturellement sur celle qui vient de bouleverser, le 27 août dernier, lors de l'éruption du Rawatoë, la zone comprise entre cette île et Sumatra, qui a fait disparaître l'île de Krakatau et ses montagnes, en a soulevé d'autres, en faisant plus de quarante mille victimes.

A une époque un peu plus éloignée de nous, la force explosive de gaz intérieurs a donné lieu à des cavités circulaires très remarquables, que l'on a nommées *cratères d'explosion* et qui sont bien connues, par exemple en Auvergne (lac Pavin) et dans le pays de l'Eifel, où les couches stratifiées ont été coupées nettement, comme à l'emporte-pièce.

Ce dont sont capables, comme puissance mécanique, des gaz ainsi animés d'un mouvement rapide pouvait être à peine soupçonné jusqu'à ces derniers temps, où l'on vit les effets des explosifs de la famille du fulmicoton, de la nitroglycérine et de la dynamite. Les effets de l'air comprimé dans le fusil à vent ou celui des gaz de la poudre dans les armes à feu ont été singulièrement dépassés, depuis que l'on mesure des pressions de 6000^{atm} et au delà.

Dans les expériences où j'ai eu occasion d'étudier les gaz à très haute pression, pour expliquer l'action mécanique qu'un bolide arrivant avec une vitesse planétaire subit de la part de l'atmosphère qu'il refoule, on est surpris de voir la grande énergie de ces masses gazeuses. Elles gravent elles-mêmes profondément leur mouvement, comme avec un burin, dans les pièces d'acier qui leur sont opposées, et elles les réduisent elles-mêmes, en partie, en une poussière impalpable lancée dans l'atmosphère, à la manière des poussières ou cendres volcaniques. On n'est pas moins surpris, et cette remarque importe beaucoup pour l'explication qui nous occupe, de la faiblesse de la masse gazeuse qui produit de tels résultats; leur pression cause des ruptures qu'opérerait à peine la pression d'un poids 600 000 fois plus grand que celui du gaz.

En résumé, des corps gazeux à forte pression, tels que de la vapeur d'eau suffisamment surchauffée, mis en mouvement de temps à autre, par un mécanisme très simple, tel que la nature peut et doit en présenter, rendent compte de toutes les particularités essentielles des tremblements de terre. Bien mieux que les ébranlements intérieurs de masses solides ou roches, ils expliquent leur régime, simulant des coups de bélier, leur violence, leur succession fréquente, leur récurrence sur les mêmes régions depuis bien des siècles; ils expliquent aussi leur prédilection pour les contrées disloquées, surtout si les dislocations en sont récentes, et leur subordination aux cassures profondes de l'écorce terrestre.

Les tremblements de terre paraissent être comme des éruptions volcaniques étouffées, parce qu'elles ne trouvent pas d'issues, à peu près comme le pensait déjà Dolomieu.

La puissance motrice des gaz dont nous voyons les effets gigantesques dans les jets ou protubérances lancés du Soleil avec des vitesses et des pressions colossales paraît aussi être assez considérable dans les profondeurs de notre planète pour expliquer tous les effets des tremblements de terre.

Nouveau gyromètre.

On lit dans le journal *Le Monde de la Science et de l'Industrie :*

« Il existe différents appareils pour mesurer le nombre de tours d'une machine.

» Celui que nous allons décrire a été imaginé en Allemagne par le Dr Braun, qui lui a donné le nom de *gyromètre.*

» On sait que, quand on fait tourner un vase rempli d'un liquide quelconque, la surface du liquide se creuse au centre et se relève à la circonférence, sous l'action de la force centrifuge, de manière à prendre une forme concave.

» C'est sur ce principe, déjà appliqué d'ailleurs, qu'est basé le gyromètre du Dr Braun.

» L'appareil se compose d'un tube vertical central, relié, par deux branches horizontales, à deux autres tubes verticaux placés symétriquement et dans le même plan que le tube du milieu.

» Les trois tubes communiquent également à la partie supérieure, et ils sont remplis d'un liquide coloré dont le niveau est naturellement le même dans les trois tubes, quand l'appareil est au repos.

» Cela posé, on transmet le mouvement de rotation de la machine à l'ensemble des trois tubes, qui est mobile sur deux pivots verticaux, placés l'un au-dessus et l'autre au-dessous. Le niveau du liquide s'abaisse alors dans le tube central et monte dans les deux tubes latéraux.

» La différence du niveau, qui est d'autant plus forte que la vitesse est grande, s'observe au moyen d'une échelle graduée, fixée sur le bâti, et permet d'apprécier le nombre de tours.

» Cet appareil est susceptible d'une grande précision. »

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

4 NOVEMBRE 1883. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 188.

Sur la force des matières explosives d'après la Thermochimie.

Par M. BERTHELOT, Membre de l'Institut [1].

I.

Dans cet Ouvrage, nous présentons une théorie générale des matières explosives, fondée sur la connaissance de leur métamorphose chimique et de la chaleur de formation des composés qui y concourent, c'est-à-dire entièrement déduite de la Thermochimie. Nous allons résumer les résultats fondamentaux de cette étude, tant au point de vue des notions d'ensemble que de la définition particulière des corps explosifs.

Cela fait, et pour mieux marquer le caractère et la portée de la nouvelle théorie, nous rappelons les origines de la découverte des matières explosives, matières que l'antiquité n'avait jamais soupçonnées et dont l'emploi a joué un si grand rôle dans l'histoire de la civilisation; et nous disons comment la lente évolution des notions pratiques, perfectionnées peu à peu par l'observation seule pendant cinq cents ans, a fait place, depuis moins d'un demi-siècle, à un progrès soudain.

L'industrie, dans cet ordre comme dans beaucoup d'autres, a pris un essor inattendu par suite des inventions théoriques de la Chimie organique, inventions qui ont permis de fabriquer à volonté une multitude de substances explosives inconnues jusque-là et dont les propriétés varient à l'infini.

Cependant l'empirisme demeurait à peu près le seul guide dans la prévision exacte des propriétés de chacune de ces substances, lorsque la Thermochimie est venue, il y a treize ans à peine, établir les principes généraux qui définissent les matières explosives nouvelles, d'après leur formule et leur chaleur de formation. Elle marque ainsi à la pratique les horizons que celle-ci peut espérer atteindre et elle lui fournit cette lu-

(1) Conclusions du nouvel ouvrage, en deux vol. in-8°, que M. Berthelot vient de publier sous ce titre chez Gauthier-Villars.

mière des règles rationnelles, seules capables de lui permettre de prendre tout son développement.

C'est cette transformation de l'étude empirique des matières explosives en une science proprement dite, fondée, je le répète, sur la Thermochimie, que je poursuis depuis 1870 et dont le présent Ouvrage est, dans l'état présent de nos connaissances, l'expression la plus avancée.

II. — *Principes généraux.*

1. Le développement subit d'une force expansive considérable caractérise les matières explosives; par là elles effectuent des travaux mécaniques énormes, travaux que l'industrie ne saurait accomplir autrement, si ce n'est à l'aide d'engins compliqués, volumineux, exigeant une main-d'œuvre et une dépense considérables. Par là aussi, le ressort des anciennes machines de guerre, fondées sur l'emploi du levier et des cordes tendues à bras d'homme, a été remplacé avec un avantage incomparable. En effet, ces machines se sont simplifiées et réduites aux seuls récipients destinés à loger la charge à côté des projectiles, en même temps que la portée et la puissance des nouvelles armes s'étendaient au delà de tous les rêves d'autrefois.

De tels effets mécaniques sont produits par l'acte de l'explosion et par la force vive des molécules gazeuses, et cette force vive même résulte des réactions chimiques. Celles-ci déterminent, en effet, le volume des gaz, la quantité de chaleur et, par suite, la force explosive.

2. Deux ordres d'effets doivent être distingués ici : les uns, dus à la pression; les autres, au travail développé. Ainsi la rupture des projectiles creux et la dislocation des roches résultent surtout de la pression; tandis que le déblayement des matériaux, dans les mines, et la projection des projectiles, dans les armes, représentent surtout le travail dû à la détente. Or la pression dépend à la fois de la nature des gaz formés, de leur volume et de leur température. Le travail, au contraire, dépend surtout de la chaleur dégagée, laquelle mesure l'énergie potentielle de la matière explosive.

Le temps nécessaire à l'accomplissement et à la propagation des réactions chimiques joue un rôle essentiel dans les applications, comme l'indiquent déjà les mots de *poudres brisantes*, *poudres rapides* et *poudres lentes*. Ces caractères variés ne dépendent pas seulement de la structure des poudres et de la nature des réactions, mais on peut observer avec une même matière explosive, prise sous une forme identique, des durées extrêmement inégales dans la combustion et, par suite, dans ses effets. C'est ce que montre, par exemple, la dynamite. De

telles diversités sont observables avec une matière identique par sa composition chimique et par sa structure physique; elles résultent de l'établissement de deux régimes très différents : le régime de la combustion ordinaire, lentement communiquée, et le régime de la détonation, c'est-à-dire le régime de l'onde explosive, laquelle se propage avec une vitesse foudroyante.

Ces notions sur la vitesse de propagation des phénomènes, jointes à la connaissance de la chaleur dégagée et du volume des gaz, caractérisent la comparaison que l'on peut établir entre l'ancienne poudre noire et les nouvelles substances que la pratique met aujourd'hui en œuvre, telles que la dynamite et le fulmicoton.

Il suit de là que, pour définir la force d'une matière explosive, on doit connaître les données suivantes : d'une part, la nature de la réaction chimique, laquelle détermine la chaleur développée et le volume des gaz; d'autre part, la vitesse de la réaction.

Entrons dans quelques détails.

3. La réaction chimique se caractérise par la composition initiale de la matière explosive et par la composition des produits de l'explosion. Ceux-ci, d'ailleurs, sont définis *a priori* dans le cas d'une combustion totale, c'est-à-dire dans celui où la matière renferme une dose d'oxygène suffisante, ce qui est le cas de la nitroglycérine et de la nitromannite, composés dont le carbone et l'hydrogène sont entièrement transformables en eau et acide carbonique.

Si l'oxygène fait, au contraire, défaut, les produits varient avec les conditions, et il se produit souvent plusieurs réactions simultanées, comme il arrive avec l'azotate d'ammoniaque, avec le coton-poudre, et aussi avec la poudre de guerre. Celle-ci, par exemple, ne produit pas seulement de l'acide carbonique, du sulfate de potasse et du carbonate de potasse, résultats d'une combustion complète, mais aussi de l'oxyde de carbone et du sulfure de potassium, dus à une réaction imparfaite.

Dans un cas comme dans l'autre, il convient de tenir compte de ce fait que les produits développés au moment de l'explosion et à la haute température de celle-ci ne sont pas nécessairement les mêmes que les produits observés après le refroidissement. Une partie de l'eau, par exemple, pourra se trouver décomposée en oxygène et hydrogène, une partie de l'acide carbonique en oxygène et oxyde de carbone. Tels sont les effets de la dissociation : elle tend à diminuer la pression du système au moment de l'explosion, à cause de la moindre chaleur développée. Mais la chaleur se régénère pendant le refroidissement même, ce qui modère la détente et ramène

le travail total à la même valeur que s'il n'y avait pas eu dissociation.

4. La chaleur dégagée se calcule d'après la connaissance des produits de la réaction, soit à pression constante, soit à volume constant; elle se calcule, dis-je, si la réaction n'est accompagnée d'aucun travail mécanique, sinon il y a transformation d'une partie de cette chaleur en travail. Or c'est précisément cette transformation que l'on se propose de réaliser dans l'emploi des matières explosives. Elle n'a jamais lieu que pour une fraction, comme il arrive d'ailleurs en Mécanique, lors de toutes lès transformations de ce genre. La fraction utilisable en principe s'élève à près de moitié pour la poudre ordinaire; en pratique, on n'est même arrivé qu'au tiers. Ce nombre définit les rendements maxima qui ont été observés pour cette substance continuellement employée dans l'artillerie.

5. Le volume des gaz résulte également de la réaction chimique; il se déduit aisément de l'équation qui exprime cette réaction. On l'évalue, soit à la température de 0° et sous la pression normale, soit pour toute température et pression.

Observons que, dans le calcul, il convient de joindre aux gaz permanents le volume des corps, tels que l'eau ou le mercure, susceptibles d'acquérir l'état gazeux à la température de l'explosion. L'eau ne joue guère de rôle, à la vérité, dans le cas de la poudre de guerre, qui en renferme à peine un centième de son poids; mais elle est, au contraire, fort importante avec la poudre-coton, la nitroglycérine et la plupart des matières organiques explosives.

6. Ayant ainsi défini le volume des gaz, on en conclut la pression qu'ils doivent exercer, à la température développée par l'explosion, sous un volume constant et même sous un volume quelconque. Ce calcul repose sur les lois ordinaires des gaz, lois dont l'extension à de pareilles conditions réclame les plus grandes réserves. Aussi est-il préférable, pour les applications, de mesurer directement la pression des gaz, d'après certains de leurs effets mécaniques et spécialement d'après l'écrasement de petits cylindres de cuivre ou de plomb, appelés *crushers*.

Les résultats doivent être rapportés au poids de matière contenue dans l'unité de volume. Or l'expérience montre que la pression de l'unité de poids sous l'unité de volume tend vers une valeur constante; c'est ce que nous appelons la *pression spécifique*, laquelle peut être prise comme une certaine mesure de la force.

Ici s'observe une circonstance remarquable : les pressions trouvées par expérience sont voisines des chiffres calculés d'après les lois ordinaires des gaz pour les composés explosifs

solides ou liquides, du moins pour ceux qui se transforment en donnant lieu à des produits non dissociables, tels que le sulfure d'azotate et le fulminate de mercure.

Au contraire, pour les mélanges gazeux explosifs, systèmes dont la densité sous l'unité de volume est faible, on trouve un écart considérable, qui va du simple au double et même au delà; écart attribuable soit à la dissociation, soit à l'incertitude sur les lois réelles des gaz qui répondraient à ces conditions extrêmes.

L'effort maximum d'une matière explosive répond évidemment au cas où elle détone dans son propre volume. En raison de cette circonstance, l'effet sera d'autant plus grand que la matière possédera une plus grande densité. Telle est la circonstance qui, jointe à la brusquerie de la décomposition chimique, paraît donner au fulminate de mercure la prépondérance sur tous les autres corps employés comme amorces; la densité du fulminate est, en effet, presque cinq fois aussi grande que celle de la poudre ordinaire et triple de celle de la nitroglycérine. Cette circonstance permet au fulminate d'exercer un effort qui paraît atteindre 27000^{kg} par centimètre carré, valeur presque triple de l'effort exercé par les autres substances connues.

Voilà l'ensemble des conséquences que l'on peut déduire de la seule connaissance de la réaction chimique. Mais, pour définir complètement une matière explosive, il convient de connaître encore, comme nous l'avons dit plus haut, la durée de sa transformation.

7. C'est là une nouvelle donnée du problème, donnée des plus importantes, car elle détermine les effets utiles des matières explosives dans leurs diverses applications, telles que la vitesse communiquée aux projectiles dans les armes, la division et la projection des fragments des obus, enfin les résultats variés qui se développent dans les mines, aux dépens soit des roches que l'on veut disloquer ou abattre, soit des obstacles que l'on se propose de broyer ou de renverser. Nous avons consacré à l'étude théorique de la durée des transformations des corps explosifs de longs développements et de nombreuses expériences.

8. L'origine des réactions explosives, c'est-à-dire le travail préliminaire qui en détermine le commencement, semble devoir être rapportée, dans tous les cas, à un premier échauffement, qui porte la matière à la température de sa décomposition, et à partir duquel la réaction se propage d'elle-même. Pour que cet échauffement soit efficace, il faut que la chaleur développée par la décomposition atteigne une intensité assez grande pour élever, à mesure et jusqu'au même degré, la température des portions voisines; il faut, en outre,

que la chaleur ne se dissipe pas à mesure par le rayonnement, par la conductibilité, ou bien par la détente des gaz comprimés. En d'autres termes, il faut que la vitesse moléculaire de la réaction, au sein du système supposé homogène et amené à une température uniforme dans toutes ses parties, atteigne une grandeur convenable. Autrement il n'y aura pas explosion. C'est ce que l'on observe lorsqu'on décompose le cyanogène par l'étincelle électrique, ou lorsqu'on change l'acétylène en benzine par l'échauffement. La chaleur dégagée par cette dernière réaction est énorme et quadruple, à poids égal, de celle de l'explosion de la poudre; mais elle se dégage si lentement qu'elle se dissipe à mesure.

9. La vitesse moléculaire d'une réaction est donc un élément capital de la question. Résumons les lois qui la caractérisent.

Elle croît avec la température suivant une loi très rapide. Elle croît aussi avec la condensation de la matière, c'est-à-dire avec la pression dans les systèmes gazeux.

Elle est, au contraire, ralentie par la présence d'un corps inerte qui abaisse la température en même temps qu'il diminue la condensation. C'est ainsi qu'on peut modifier à volonté le caractère d'une substance explosive. Par exemple, la poudre noire, mêlée de sable, fuse au lieu de détoner; la dynamite, qui est un mélange de silice et de nitroglycérine, est moins brisante que la nitroglycérine; en outre, le caractère brisant dû à celle-ci décroît rapidement à mesure que l'on augmente la dose de la silice.

10. La vitesse de propagation des réactions qui se développent à la suite d'une mise de feu ou d'un choc local représente un phénomène tout à fait distinct de la vitesse moléculaire définie tout à l'heure, car elle exprime le temps nécessaire pour que les conditions physiques de température et autres qui ont provoqué le phénomène sur un point se reproduisent successivement dans toutes les portions de la masse. C'est ce qu'ont montré les travaux des artilleurs sur la vitesse de combustion de la poudre ordinaire, vitesse variable avec la structure physique des poudres et avec leur composition chimique. Cette vitesse varie extrêmement avec la pression : la poudre, par exemple, ne détone pas dans le vide, parce que les gaz échauffés que la combustion a produits s'échappent et se dispersent avant d'avoir eu le temps de communiquer leur chaleur aux parties voisines.

Ici viennent se placer des considérations toutes nouvelles. Jusqu'à ces derniers temps, on avait pensé qu'il suffisait d'enflammer une matière explosive d'une manière quelconque, les effets de l'explosion consécutive ne paraissant pas dépendre du procédé initial d'inflammation. Mais la nitroglycérine et la

poudre-coton ont manifesté à ces égards une diversité singulière. Ainsi, par exemple, suivant le procédé employé pour la mise de feu, la dynamite peut se décomposer tranquillement et sans flamme, ou brûler avec flamme, ou bien encore donner lieu à une explosion proprement dite : cette explosion peut être d'ailleurs tantôt modérée, tantôt accompagnée d'effets brisants. Le fulminate de mercure employé comme amorce est particulièrement apte à provoquer ces derniers effets : c'est l'agent détonateur par excellence.

11. J'ai montré comment les théories thermodynamiques et une analyse convenable des phénomènes du choc permettent de rendre compte de cette diversité : la force vive du choc se transformant en chaleur, au point choqué, et élevant jusqu'au degré de la décomposition explosive la température des parties frappées tout d'abord, leur brusque décomposition produit un nouveau choc, plus violent que le premier, sur les parties voisines, et cette alternative régulière de chocs et de décompositions transmet la réaction de couche en couche, dans la masse entière, en développant une véritable onde explosive, laquelle chemine avec une vitesse incomparablement plus grande que celle d'une simple inflammation.

On voit par là toute l'importance des amorces, regardées autrefois comme de simples agents de mise de feu.

De là aussi la distinction entre la combustion progressive et la détonation presque instantanée des matières explosives, phénomènes limites entre lesquels on observe une série d'états et de réactions intermédiaires, qui expliquent la variété des effets produits par un même agent.

12. J'ai réussi à étendre encore et à généraliser ces résultats. En effet, il existe en Chimie un certain nombre de combinaisons endothermiques, c'est-à-dire susceptibles de dégager de la chaleur par leur décomposition : tels sont l'acétylène, le cyanogène, l'hydrogène arsénié, etc. Cependant ces gaz ne détonent ni par l'échauffement ni par l'étincelle électrique. Or j'ai montré que les mêmes gaz détonent au contraire et se résolvent en éléments, et cela avec une violence singulière, sous l'influence du choc brusque produit par l'éclatement du fulminate de mercure.

13. On est conduit par là à rendre compte des explosions par influence, phénomènes singuliers qui ont éveillé au plus haut degré l'attention des artilleurs et des ingénieurs. On a reconnu, par exemple, qu'une cartouche de dynamite ou de coton-poudre, provoquée à détoner au moyen d'une amorce de fulminate, fait détoner les cartouches voisines, même à des distances considérables et sans que la détonation résulte d'une propagation directe de l'inflammation. Les torpilles chargées de coton-poudre et plongées sous l'eau peuvent

également détoner sous l'influence de fortes cartouches du même agent, placées dans leur voisinage. Je montre dans le présent Ouvrage comment ces phénomènes s'expliquent par le développement de l'onde explosive dans la matière qui détone, et par la violence du choc subit qui en résulte et que le milieu ambiant transmet jusqu'à la seconde cartouche.

Je rappelle ici, mais sans l'adopter, l'ingénieuse théorie des vibrations synchrones, d'après laquelle la cause déterminante de la détonation d'un corps explosif résiderait dans le synchronisme entre les vibrations du corps qui provoque la détonation et celle que produirait le corps provoqué. Je montre que cette théorie n'explique pas en réalité les faits observés et j'établis par des expériences directes la stabilité chimique de la matière en vibration sonore, ces expériences étant exécutées sur les substances les plus instables, telles que l'ozone, l'hydrogène arsénié, l'acide persulfurique, l'eau oxygénée, etc.

Les ondes sonores proprement dites ne sont donc pas le véritable agent qui propage les décompositions chimiques et les explosions par influence : leur force vive et leur pression sont trop minimes d'ailleurs pour provoquer de semblables effets. Mais la propagation a lieu en vertu de l'onde explosive, phénomène tout différent et dans lequel la pression et la force vive sont incomparablement plus grandes et incessamment régénérées sur le trajet de l'onde, par la transformation chimique elle-même.

Ainsi, d'après la nouvelle théorie, la matière explosive détone par influence, non parce qu'elle transmet le mouvement vibratoire initial en vibrant à l'unisson; mais, au contraire, parce qu'elle l'arrête et s'en approprie la force vive.

14. Examinons de plus près les caractères de cette onde explosive, que nous avons été conduit à découvrir, et dont nous invoquons le rôle pour expliquer les détonations de la dynamite et du coton-poudre. Sa découverte et son étude forment un des Chapitres les plus intéressants du présent Ouvrage.

C'est dans les milieux gazeux que l'étude en est à la fois la plus facile et la plus rigoureuse et que les résultats offrent la plus grande portée théorique. Cette étude permet de constater en effet l'existence d'un nouveau genre de mouvement ondulatoire, d'ordre mixte, c'est-à-dire produit en vertu d'une certaine concordance des impulsions physiques et des impulsions chimiques au sein d'une matière qui se transforme. Tandis que dans l'onde sonore la force vive est faible, l'excès de pression minime, et la vitesse déterminée par la seule constitution physique du milieu vibrant : au contraire, c'est le changement de constitution chimique qui se propage dans l'onde explosive et qui communique au système une force

vive énorme et un excès de pression considérable. Des phénomènes analogues peuvent se développer dans les solides et dans les liquides.

Cette onde se propage uniformément, avec une vitesse qui dépend essentiellement de la nature du mélange explosif et qui est à peu près indépendante du diamètre des tubes, à moins que ceux-ci ne soient capillaires. Elle est également indépendante de la pression, propriété fondamentale qui détermine les lois générales du phénomène.

Enfin la force vive de translation des molécules du système gazeux, produit par la réaction et renfermant toute la chaleur développée par celle-ci, est proportionnelle à la force vive du même système gazeux, contenant seulement la chaleur qu'il retient à zéro. C'est là une relation essentielle que l'expérience confirme et qui permet de calculer la vitesse de l'onde explosive dans les mélanges les plus divers.

Il semble que dans l'acte de l'explosion un certain nombre de molécules gazeuses, parmi celles qui forment les tranches enflammées tout d'abord, soient lancées en avant, avec toute la vitesse répondant à la température maxima développée par la combinaison chimique. Leur choc détermine la propagation de celle-ci dans les tranches voisines, et le mouvement se reproduit de tranche en tranche, avec une vitesse comparable à celle des molécules elles-mêmes.

C'est ainsi que j'ai observé des explosions propagées avec des vitesses de 2840^{m} par seconde, dans un mélange d'oxygène et d'hydrogène; de 2480^{m}, dans un mélange d'oxygène et d'acétylène; de 2195^{m}, dans un mélange de cyanogène et d'oxygène, etc. Cette vitesse constitue pour chaque mélange gazeux une véritable constante spécifique.

La propagation de l'onde explosive est un phénomène tout à fait distinct de la combustion ordinaire. Elle a lieu seulement, je le répète, lorsque la tranche enflammée exerce la pression la plus grande possible sur la tranche voisine, c'est-à-dire lorsque les molécules enflammées conservent la presque totalité de la chaleur développée par la réaction chimique. Cet état constitue le régime de détonation.

Au contraire, le régime de combustion ordinaire répond à un système dans lequel la chaleur est perdue en grande partie par rayonnement, conductibilité, détente, contact des corps environnants, etc.; à l'exception de la très petite quantité indispensable pour porter les parties voisines à la température de combustion, l'excès de la chaleur tend ici à se réduire à zéro, et par suite l'excès de la vitesse de translation des molécules, c'est-à-dire l'excès de pression de la tranche enflammée sur la tranche voisine.

Après avoir établi, dans le livre Ier, les caractères généraux

des phénomènes explosifs, il convient de définir la donnée fondamentale qui en détermine les énergies, je veux dire la chaleur dégagée par la transformation chimique. C'est l'objet du livre II.

III. — *Thermochimie des composés explosifs.*

1. Toute étude théorique des explosifs exige la connaissance générale des principes de la Thermochimie, celle de ses méthodes et de ses résultats; nous avons cru utile de nous résumer au début du livre II. On y trouvera en particulier la description de mon calorimètre ordinaire et celle de la bombe calorimétrique, qui m'a servi à étudier la chaleur de détonation d'une multitude de gaz. J'ai accompagné ce résumé de tableaux étendus, renfermant la chaleur de formation des principales combinaisons sous divers états, ainsi que les chaleurs spécifiques et les densités des divers composés susceptibles d'intervenir dans l'étude des matières explosives.

2. Nous nous sommes attachés principalement à la chaleur de formation des composés fondamentaux qui concourent à former ces dernières, savoir : les composés oxygénés de l'azote et leurs sels, les composés hydrogénés de l'azote, les composés cyaniques, les dérivés carbonés de l'azote, le sulfure d'azote, les dérivés azotiques hydrocarbonés, tels que l'éther azotique de l'alcool, la nitroglycérine, la nitromannite, la poudre-coton; les dérivés nitrés, tels que la nitrobenzine, l'acide picrique, etc.; les dérivés azoïques, tels que le diazobenzol et le fulminate de mercure; puis nous avons étudié les sels dérivés des oxacides du chlore et les oxalates explosifs.

Cette étude, longue, difficile et parfois dangereuse, résulte presque entièrement de mes expériences personnelles, poursuivies depuis treize ans. C'est pourquoi j'ai cru devoir donner ici l'exposé développé des méthodes et des résultats, en réunissant dans un même ensemble cinquante Mémoires, épars dans les recueils spéciaux. J'ai tâché de mettre ainsi sous les yeux du lecteur toutes les données sur lesquelles repose la thermochimie des composés explosifs.

3. J'ai cru utile d'y joindre certains chapitres, qui offriront sans doute au lecteur un intérêt spécial. Ainsi j'expose les résultats aujourd'hui connus sur l'origine des azotates, composés qui jouent le rôle principal dans la constitution des explosifs. J'étudie la nitrification naturelle, au point de vue chimique et thermiqne, question non moins importante pour l'agriculteur que pour le fabricant des poudres de guerre.

Je rapporte également l'histoire de l'extraction du salpêtre en France avant le XIXe siècle.

J'examine principalement la transformation de l'azote libre en composés azotés, transformation qui constitue un pro-

blème naturel du plus haut intérêt, et je montre comment j'ai réussi à obtenir cette transformation sous l'influence de l'effluve et de l'électricité à très faible tension, dont l'action est comparable à l'action normale et incessante que l'électricité atmosphérique exerce même dans les temps les plus sereins.

IV. — *Force des matières explosives en particulier.*

1. Il ne reste plus maintenant qu'à définir la force des diverses matières explosives, envisagées en particulier, d'après les principes généraux établis dans les deux premières Parties de l'Ouvrage. Tel est l'objet du livre III.

2. Dans les applications, on peut utiliser, comme agent explosif, tout système susceptible d'une transformation rapide, accompagnée par un développement notable de gaz et par un grand développement de chaleur. Ces systèmes se rattachent, en fait, à huit groupes distincts, savoir :

Les gaz explosifs (ozone, oxacides du chlore) et les gaz congénères formés avec absorption de chaleur, c'est-à-dire renfermant un excès d'énergie (acétylène, cyanogène, etc.);

Les mélanges gazeux détonants, tels que l'hydrogène, l'oxyde de carbone et les hydrocarbures, mêlés avec l'oxygène, le chlore, les oxydes de l'azote;

Les composés minéraux explosifs : sulfure d'azote, chlorure d'azote, oxydes métalliques fulminants, azotate d'ammoniaque, etc.;

Les composés organiques explosifs : éthers azotiques, dérivés azotiques des hydrates de carbone, dérivés nitrés, dérivés diazoïques, fulminates, éthers perchloriques, sels des oxydes métalliques facilement réductibles, etc.;

Les mélanges des composés explosifs avec des corps inertes;

Les mélanges formés par un composé oxydable explosif et un corps oxydant non explosif : fulmicoton mêlé d'azotate, picrate mêlé de chlorate, mélange d'acide azotique ou hypoazotique avec les corps nitrés et autres, etc.;

Les mélanges à base oxydante explosive, tels que la dynamite au charbon, la dynamite gomme;

Les mélanges formés par des corps oxydants et des corps oxydables, dont aucun n'est explosif séparément, tels que les poudres à base d'azotates ou de chlorates.

3. Les données théoriques et pratiques, qui caractérisent les matières explosives, ayant été énumérées d'une manière générale, ainsi que les questions pratiques relatives à l'emploi, à la fabrication et à la conservation, et les épreuves de stabilité, nous avons abordé l'étude spéciale de ces matières.

Nous avons traité d'abord les gaz et les mélanges gazeux détonants, en commençant par les valeurs relatives à la cha-

leur de transformation, au volume gazeux et à la pression théorique, pour les gaz explosifs proprement dits et pour leurs congénères. Nous avons donné ainsi le tableau des données caractéristiques relatives aux principaux mélanges gazeux.

Ce tableau montre que l'énergie potentielle des mélanges gazeux, pris sous l'unité de poids, varie seulement du simple au double, pour les gaz renfermant du carbone et de l'hydrogène, mêlés avec l'oxygène. Elle est à peu près la même pour les divers gaz hydrocarbonés. Mais elle surpasse de beaucoup celle de tous les composés solides ou liquides. Avec l'hydrogène et l'oxygène, par exemple, l'énergie potentielle est quadruple de celle de la poudre ordinaire, double de la nitroglycérine. Avec la plupart des carbures associés à l'oxygène, elle n'atteint guère que les deux tiers de celle du mélange oxyhydrique : l'acétylène seul se rapproche de l'hydrogène.

Mais ces avantages sont compensés par le volume considérable des mélanges gazeux et par la nécessité de les conserver dans des enveloppes résistantes.

4. Nous avons donné les pressions théoriques et les pressions observées, pour ces divers mélanges. En les comparant, on peut observer que les pressions théoriques surpassent du double et même davantage les pressions véritables, probablement à cause de la dissociation des composés, eau et acide carbonique, et de l'accroissement des chaleurs spécifiques avec la température.

En fait, les pressions observées sur les mélanges à combustion totale n'ont pas dépassé 20^{atm}, et même elles sont demeurées fort au-dessous de ce chiffre dans la plupart des cas. Ce sont là des pressions fort inférieures à celles des substances explosives solides ou liquides : infériorité due à la moindre condensation de la matière.

Aussi se rapproche-t-on davantage des substances solides, si l'on opère avec des gaz liquéfiés ou des corps congénères, tels que l'acide hypoazotique.

Enfin nous avons examiné les mélanges des gaz et des poussières combustibles, auxquelles on attribue de nombreux accidents dans les mines, et nous avons résumé brièvement les données théoriques et les faits observés.

5. Venons aux composés explosifs liquides ou solides. Pour chacun d'eux on a donné les propriétés physiques, la température de décomposition, la chaleur dégagée, le volume des gaz, la pression permanente, la pression théorique au moment de l'explosion, enfin les résultats des expériences faites dans ces derniers temps pour mesurer les pressions réelles et le temps nécessaire pour la propagation de l'explosion.

D'après ces expériences, les mélanges gazeux, tels que l'hydrogène et l'oxygène, ou l'acétylène et l'oxygène, repré-

sentent les systèmes dont l'énergie potentielle est la plus grande : la nitroglycérine et la nitromannite, qui sont les plus puissantes parmi les matières solides ou liquides, n'atteignent que la moitié des chiffres relatifs au gaz; la poudre-coton, le tiers; le picrate de potasse, un peu plus du quart, et la poudre noire n'arrive même pas au quart.

Mais cette inégalité est rachetée, dans la pratique, par l'impossibilité d'amener les mélanges gazeux à des densités de chargement comparables à celles des autres matières explosives; observation qui s'applique également à la comparaison des volumes gazeux développés par deux ordres de matières.

6. Le volume absolu des gaz produit par 1kg de matière est maximum pour l'hydrogène mêlé d'oxygène; les autres mélanges gazeux n'en atteignent guère que la moitié. Parmi les composés solides ou liquides, ce sont le coton-poudre et l'azotate de diazobenzol qui fournissent le plus grand volume de gaz : soit les deux cinquièmes du volume produit par le mélange oxyhydrique; la nitroglycérine est inférieure d'un sixième, la poudre de guerre n'atteint pas le quart du volume fourni par le mélange oxyhydrique et demeure voisine du tiers du volume développé par la nitroglycérine ou la poudre-coton.

Cependant l'avantage que les mélanges gazeux sembleraient devoir offrir, d'après ces chiffres, ne se retrouve pas dans les mesures effectives qui ont été faites des pressions spécifiques. En effet, les mélanges les plus énergiques, tels que le mélange oxyhydrique et le mélange de formène et d'oxygène, atteignent à peine les mêmes pressions, sous une densité de chargement donnée, que la nitroglycérine, la nitromannite et la poudre-coton, substances qui se rapprochent beaucoup entre elles sous ce rapport.

A la vérité, les pressions spécifiques sont déduites d'expériences faites avec de très petites densités de chargement, pour les mélanges gazeux. Peut-être que si l'on opérait sur des gaz comprimés à l'avance, de façon à les amener à des densités comparables à celles des liquides, arriverait-on à des pressions spécifiques beaucoup plus grandes. En tout cas, le fait mérite d'être signalé.

La pression spécifique de la poudre noire, sous une densité de chargement égale à l'unité, surpasserait un peu la moitié des précédentes. La fulminate de mercure ne va pas plus loin, sous cette densité de chargement. Mais sa grande pesanteur spécifique (4,43) lui permet d'atteindre des pressions plus que quadruples, lorsqu'il détone dans son propre volume, pressions dont aucun corps connu n'approche. On a dit comment cette circonstance joue un rôle capital dans l'emploi du fulminate comme amorce.

Pour compléter ces notions et caractériser complètement les corps explosifs, il faut connaître encore la durée avec laquelle se propage la décomposition de chacune des matières, c'est-à-dire la vitesse spécifique de leur onde explosive. Cette vitesse a été trouvée, en fait, égale à 2840^m par seconde, pour les mélanges oxyhydriques, à 2400^m pour l'acétylène mêlé d'hydrogène. Les autres gaz combustibles donnent des vitesses analogues, à l'exception de l'oxyde de carbone mêlé d'oxygène, qui tombe à 1089. Avec les matières solides ou liquides, les données analogues manquent la plupart du temps; cependant on a observé des vitesses de 5000^m avec la dynamite, et de 5000^m à 6000^m avec le coton-poudre, vitesses qui rendent bien compte des effets brisants exercés par ces substances. Pour atténuer ces effets, il convient de diluer les corps avec une matière inerte; ce qui tend à changer la détonation en une combustion progressive, phénomène d'un tout autre caractère et dans lequel les actions mécaniques s'exercent d'une façon plus lente : ce genre de combustion est le seul connu avec certitude pour la poudre noire.

Tels sont les résultats généraux de la comparaison des diverses matières explosives.

7. Parmi les déductions intéressantes que nous avons eu occasion de développer, je signalerai l'étude des décompositions multiples d'une même substance explosive, telles que l'azotate d'ammoniaque; l'examen des propriétés du chlorure d'azote, du chlorate de potasse, du perchlorate d'ammoniaque et du bichromate d'ammoniaque; celle des éthers éthylazotique et méthylazotique; la classification des divers genres de dynamites et la discussion théorique de leurs propriétés; un rapport sur la fabrication de la dynamite pendant le siège de Paris; l'étude du fulmicoton proprement dit et celle des fulmicotons hydratés, paraffinés et nitratés; l'examen des picrates; celui des mélanges formés par l'acide azotique associé à une matière organique; celui des éthers perchloriques, et enfin des oxalates métalliques.

8. L'étude des poudres à base d'azotates m'a conduit à des développements spéciaux comme expériences et comme théorie, en raison de l'importance de ce genre de poudres.

J'ai dû approfondir les réactions chimiques qui ont lieu entre de soufre, le carbone, leurs oxydes et leurs sels, ainsi que la décomposition des sulfites et des hyposulfites et l'étude de certains charbons employés dans la fabrication de la poudre, charbons qui retiennent un excès de l'énergie originelle des hydrates de carbone dont ils dérivent. Cet excès joue un rôle très important dans les propriétés explosives de la poudre.

Cela fait, j'examine les divers mélanges de nitre, de soufre et de charbon, qui répondent à une combustion totale, seuls

mélanges pour lesquels on puisse prévoir *a priori* la réaction chimique.

J'aborde ensuite l'étude des poudres de guerre, en commençant par celle des produits de leur combustion, tels qu'ils sont connus par les analyses. Après avoir résumé ces analyses et les avoir ramenées aux produits fondamentaux et aux rapports équivalents, j'insiste sur les oscillations observées entre ces rapports et j'établis une théorie fondée sur l'existence de cinq équations simultanées, d'après lesquelles la métamorphose se développe, suivant un sens et une proportion relative déterminées par les conditions locales de mélange et d'inflammation. J'évalue les données caractéristiques de chacune de ces équations et je montre qu'elles représentent tous les phénomènes observés.

Pour la poudre de mine, il convient d'envisager en outre la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone.

Les poudres à base d'azotate de soude et d'azote de baryte sont ensuite envisagées; en tenant compte de cette circonstance que les réactions chimiques, rapportées aux poids équivalents, doivent dégager à peu près les mêmes quantités de gaz et de chaleur que pour la poudre à base d'azotate de potasse, mais que sous le même poids l'azotate de soude l'emporte, tandis que l'azotate de baryte serait moins favorable.

9. On détermine par l'examen des poudres à base de chlorate de potasse et l'on montre comment ces poudres possèdent une force supérieure à celle des poudres à base d'azotate, attendu qu'elles dégagent plus de chaleur et un volume de gaz au moins égal; mais elles sont fort inférieures à la dynamite et à la poudre-coton.

Elles sont d'ailleurs beaucoup plus dangereuses, à cause de l'extrême facilité avec laquelle elles s'enflamment sous l'influence du choc ou de la friction et à cause de leurs propriétés brisantes : toutes circonstances dont la théorie rend compte et qui expliquent les nombreux accidents produits par les essais de fabrication et d'emploi des poudres au chlorate, faits à différentes époques. Ces poudres étant d'ailleurs surpassées par la dynamite et par la poudre-coton, elles n'offrent aucun avantage spécial qui puisse compenser les dangers exceptionnels de leur préparation et de leur mise en œuvre.

C'est ainsi que les progrès récents des sciences modernes et surtout ceux de la Thermochimie permettent de construire la théorie des matières explosives. Elle résulte de la notion de l'énergie présente dans ces matières, énergie dont le rôle est bien plus général que ne l'aurait fait supposer l'ancienne notion purement chimique des corps comburants opposés aux combustibles. En effet, l'énergie d'une matière explosive exprime le plus grand travail qu'elle puisse effectuer, c'est-à-dire

qu'elle touche à une notion pratique fondamentale. Or la théorie nous enseigne que l'énergie n'est ici autre chose que la différence entre la chaleur mise en jeu dans la formation depuis les éléments et les chaleurs dégagées par la transformation explosive. Mais celle-ci n'est point assujettie à être une combustion proprement dite, comme on le croyait autrefois. La puissance de chaque matière explosive, les différences qui existent entre les composés en apparence analogues, tels que les éthers azotiques (nitroglycérine) et les corps nitrés (picrate de potasse) résultent de cette théorie. Elle permet de retracer *a priori* le tableau général des matières explosives : je dis non seulement les matières actuellement connues, mais même toutes les matières possibles; et elle assignera à l'avance l'énergie propre de chacune d'elles.

En résumé, la force et les propriétés mécaniques des diverses substances explosives n'avaient été comparées entre elles jusqu'à présent que par voie empirique. J'ai essayé d'établir cette comparaison sur des notions théoriques, c'est-à-dire que j'ai signalé les principes généraux qui président à la production et à l'emploi des matières explosives, et j'ai montré comment on peut établir la liste de ces matières, leur classification et prévoir les propriétés utiles de chacune d'elles : pression, force et travail, d'après la seule connaissance de leur composition chimique et de leur équation de décomposition, jointe à celle de la chaleur de formation du corps primitif et de ses produits.

Un mode de prévision aussi général n'avait jamais été proposé avant mes premières publications faites en 1870; dans ces publications mêmes, je le mettais en avant, surtout comme problème et comme espérance, car les données positives faisaient pour la plupart défaut. J'ai travaillé sans relâche depuis lors pour transformer cette espérance en une réalité précise. Sans méconnaître qu'il reste encore beaucoup à faire dans cette voie, cependant je crois avoir établi par mes expériences les données thermochimiques fondamentales nécessaires pour l'étude théorique et pratique de matières explosives. Les déductions ainsi obtenues s'accordent en général avec l'expérience. Il est donc permis de les prendre comme guides, soit pour obtenir le maximum d'effet de matières déjà connues, soit pour les associer avec d'autres substances, soit enfin pour découvrir des composés explosifs nouveaux, qui possèdent des propriétés désignées à l'avance : c'est ce que l'on peut voir dans le présent Ouvrage, consacré tout entier au développement de cette idée et qui présente les derniers résultats acquis de la science nouvelle.

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

TION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

-TÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

ment des Sciences, fondée en 1864.

---

nce a pour but d'encourager les
t des Sciences et de propager les

BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 189.

---

fluviale, touage par chaîne sans fin;

Par M. DUPUY DE LOME.

de se faire sur le Rhône une expérience intéressante stème de touage qui me paraît résoudre le problème le du transport économique des marchandises sur ce ive.

On sait que ce magnifique cours d'eau, dont le rôle est si bien indiqué pour relier l'intérieur de la France à la Méditerranée, n'a été cependant jusqu'à ce jour que très imparfaitement utilisé pour le transport des marchandises. Cela tient aux entraves qu'apportent à la navigation du Rhône des courants torrentiels en plusieurs points, de brusques déplacements de ses fonds de cailloux roulés, enfin le peu de régularité de la profondeur de ses eaux, malgré son débit considérable. Même à l'étiage, ce débit n'est pas inférieur à 230^{mc} par seconde à la traversée de Lyon, au confluent de la Saône, et il ne descend pas au-dessous de 400^{mc} par seconde quand il a reçu les affluents de l'Isère, de la Drôme, de l'Ardèche et de la Durance.

Le lit du Rhône s'améliore certainement chaque jour, grâce aux travaux bien entendus qui s'y exécutent sous la direction d'habiles ingénieurs des Ponts et Chaussées; mais, quand ces travaux seront terminés, le Rhône, avec sa différence de niveau de 160^{m} entre Lyon et le port Saint-Louis, sur un parcours de 424^{km}, et avec des pentes partielles bien supérieures à cette pente moyenne, restera encore un fleuve trop rapide, dans plusieurs passages, pour que la navigation à la remonte, par les moyens ordinaires, puisse y devenir aussi économique qu'on doit le désirer.

Tant que les bateaux, porteurs ou remorqueurs, remontant le Rhône auront des moteurs prenant pour point d'appui l'eau fuyant sur le sol avec une vitesse qui, en plusieurs points, atteint souvent aujourd'hui 4^{m} par seconde et ne deviendra

probablement jamais dans ces passages inférieure à $2^m,50$ par seconde (9^{km} par heure), il sera nécessaire de munir ces bateaux de trop grandes puissances motrices : telles sont les machines à roues à aubes qu'un habile entrepreneur de navigation fluviale, M. Bonnardel, fait fonctionner sur ce fleuve avec tant de persévérance, malgré la concurrence du chemin de fer.

Nonobstant ce succès relatif, il y a le plus grand intérêt à prendre le point d'appui d'un remorqueur à la remonte du Rhône, sur le fond ou sur les rives du fleuve.

Le touage au moyen d'une chaîne élongée sur le lit du Rhône, d'un bout à l'autre de son long parcours, rencontrerait des obstacles presque insurmontables, provenant de la mobilité du fond où cette chaîne serait trop souvent engagée sous des amas de graviers.

En outre, lors même qu'on trouverait moyen de vaincre cette grosse difficulté, la force nécessaire à cette chaîne pour haler un convoi de bateaux à la remonte, contre un courant si rapide, devrait être nécessairement bien plus considérable que sur les fleuves à courant modéré. Par exemple, pour une même vitesse de remonte, il faudrait lui donner au moins dix fois plus de force qu'à celle employée avec succès sur la Seine.

Il faudrait donc, dès le début d'une entreprise de halage par chaîne noyée dans le Rhône, immobiliser un capital hors de proportion avec le trafic qu'on pourrait espérer dans les premières années.

En dehors du halage par chevaux ou mulets, un seul système de touage fonctionne aujourd'hui sur le Rhône : c'est celui des remorqueurs à grappins. Ce système consiste dans l'emploi d'une lourde roue portée à l'extrémité inférieure d'un balancier oblique articulé sur le bateau toueur, ce qui permet à cette roue de s'appliquer sur le fond, en montant ou descendant suivant la profondeur de l'eau. Cette roue agit ainsi sur le lit du fleuve au moyen de grandes et fortes dents en acier qui s'accrochent au sol, en le labourant parfois profondément. Mais, dès que le lit du fleuve est trop mou, trop dur ou trop profond, cette roue-grappin fonctionne mal et donne lieu à des embarras nombreux, ainsi qu'à de fréquentes avaries. Ces inconvénients, joints à la perte considérable sur le travail moteur employé en grande partie à labourer le fond, empêchent l'usage de ces grappins de se développer.

Depuis bien des années, j'avais exprimé la conviction que le procédé de touage le plus pratique sur le Rhône serait le touage par chaîne sans fin.

Dans ce système, on n'a à se préoccuper de la nature du fond qu'au point de vue du coefficient de l'adhérence de la

chaîne sur le sol, adhérence qui sert de point d'appui. Les profondeurs peuvent varier dans de larges limites. L'usure de la chaîne est une dépense qui n'est pas relativement considérable; enfin le capital à immobiliser peut se proportionner au trafic existant et s'accroître seulement lorsqu'on est conduit à multiplier le nombre des remorqueurs.

En présence de ces avantages, dont l'évidence est frappante, il y avait lieu de s'étonner de ce que ce mode de touage, proposé depuis longtemps par diverses personnes, n'ait jamais été sérieusement employé. On pouvait se demander si quelques graves inconvénients, inhérents à l'idée elle-même, avaient arrêté les auteurs de ces projets.

Ma conviction était que leur abandon devait surtout tenir à un défaut d'étude suffisante pour les détails d'installation sans la solution desquels le problème n'est pas résolu.

Les dispositions générales que je préconisais consistent dans l'emploi d'un toueur muni de l'avant à l'arrière, sur chacun de ses flancs, d'une chaîne sans fin, suffisamment lourde, plongeant dans l'eau à l'avant, reposant sur le fond et remontant à l'arrière, soutenue alors dans toute sa partie supérieure sur des rouleaux portés par le bateau, les deux rouleaux extrêmes étant placés en saillie, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. En faisant tourner par la machine un des rouleaux de soutien, muni à cet effet d'empreintes de cabestan, on fait mouvoir la chaîne que le poids de sa partie portant sur le fond empêche de glisser, et le toueur se meut avec une vitesse égale au mouvement de ses chaînes. Celle de chaque bord étant actionnée par une machine indépendante, on gouverne en faisant mouvoir plus ou moins vite l'une ou l'autre. Les chaînes doivent d'ailleurs être disposées de façon que, pour les plus grandes profondeurs, le poids reposant sur le sol détermine une adhérence supérieure à l'effort à vaincre pour le remorquage du toueur et de son convoi.

Mon ancien collaborateur au Ministère de la Marine, M. Zédé, Directeur des constructions navales, qui partageait toutes mes idées à cet égard, me proposa dernièrement de reprendre l'étude de cette question et de faire une expérience sur une échelle assez large pour mettre hors de doute la valeur du système. C'est de cette expérience, qui a pleinement réussi, que j'ai cru utile d'entretenir l'Académie aussi brièvement que possible.

L'appareil d'étude de propulsion par chaîne sans fin qu'il s'agissait d'expérimenter a été établi sur un de ces chalands connus sur le Rhône sous le nom de *pénelles;* ses dimensions étaient : longueur 33^{m}, largeur $7^{m},50$, creux $2^{m},10$.

Sur les flancs, de bout en bout, ont été disposées, dans les conditions exposées ci-dessus, deux fortes chaînes de navires

pesant 46kg le mètre courant. Chacune d'elles était actionnée par une locomobile de la force de 15 chevaux, les deux machines étant complètement indépendantes, mais les leviers des robinets de vapeur étant disposés de façon à pouvoir être manœuvrés simultanément par un seul homme. L'installation des rouleaux de support, l'engrenage de la roue à empreintes, enfin tous les détails, avaient été soigneusement étudiés.

Un premier essai fait en rade de Port-de-Bouc, en eau calme, mais avec des profondeurs très variables, démontra tout d'abord qu'au moyen des chaînes on faisait gouverner la pénelle avec la plus grande facilité et la précision la plus absolue. Dès qu'on donnait à une des chaînes un peu plus de vitesse qu'à l'autre, la pénelle abattait immédiatement du côté du ralentissement, se redressait à volonté, enfin suivait avec une docilité parfaite le tracé le plus sinueux.

Mais, dans les évolutions à court rayon, la direction des chaînes étant alors trop oblique par rapport aux rouleaux extrêmes, ces chaînes eussent été exposées à décapeler; aussi, pour empêcher cet effet de se produire, avait-on disposé des rouleaux horizontaux formant guides pour les bouts des chaînes montant et descendant.

Passant alors sur le Rhône, on a reconnu, en abordant les grands courants, combien était indispensable aussi une autre disposition, qui avait été prise à l'avance, à l'effet de régler suivant la profondeur du fond la longueur de la partie de la chaîne immergée.

En effet, si cette longueur est trop courte, la chaîne ne porte plus assez sur le lit du fleuve et elle glisse; si elle est trop longue, elle forme des paquets sur le sol en redescendant à l'avant, et, par suite, lorsqu'on veut gouverner, le bateau est bien tenu à l'arrière par des chaînes tendues, mais, à l'avant, la longueur de chaîne en excès produit des abattées exagérées sur le bateau pris obliquement par le courant.

Dans cette prévision, voulant pouvoir régler la chaîne, on avait placé les deux rouleaux de l'avant sur un chariot mobile à volonté pour les éloigner ou les rapprocher des rouleaux de l'arrière. Ces déplacements étaient d'ailleurs assez restreints; car, ainsi qu'on s'en rend compte facilement, il suffit, pour compenser la différence de profondeur, d'un mouvement du chariot moitié de cette différence.

La longueur de la chaîne et la course du chariot avaient été réglées de façon à pouvoir naviguer par des profondeurs variant de 1m à 6m,50.

Des essais préliminaires avaient permis de se rendre compte de la valeur de la résistance à la marche de la pénelle, avec telle vitesse contre tels ou tels courants; d'autres expériences avaient montré que le coefficient de frottement

des chaînes sur le fond variait, suivant la nature de ce fond, de 83 à 120 pour 100 du poids de la chaîne dans l'air. On avait donc pu calculer quelles étaient la vitesse des courants ainsi que la pente des eaux à la surface du fleuve, que le bateau devait pouvoir remonter avec sa vitesse normale fixée à 4^{km} par heure. On avait ainsi reconnu que, pour un courant de 3^{m} par seconde et une pente de $0^{m},70$ à $0^{m},80$ par kilomètre, les chaînes ne devaient pas encore glisser sur le fond.

L'expérience a pleinement confirmé l'exactitude de ces calculs. En abordant des courants de plus en plus forts, on a atteint et franchi facilement un passage où la vitesse de l'eau dépassait 3^{m} et où la pente était de $0^{m},73$ par kilomètre, avec des fonds variant brusquement de $6^{m},50$ à $1^{m},50$. On s'arrêtait à volonté au milieu de ce courant violent, on repartait sans difficulté, gouvernant avec la plus rigoureuse précision. Un des habiles pilotes du Rhône qui dirigeait le bateau, et qui n'avait pas caché d'abord son peu de foi dans le mode de traction en expérience, est resté étonné des résultats et a été ensuite le plus enthousiaste des assistants. Il s'est montré frappé surtout de la sécurité absolue que présentait le nouveau procédé dans les rapides, pour la traversée desquels on éprouve les plus vives préoccupations, avec les bateaux actuels, la moindre avarie de machine ou le moindre faux coup de barre pouvant les compromettre.

Ces résultats sont la conséquence des importantes dispositions de détail qui ont été prises, notamment :

1° L'emploi de deux chaînes sans fin latérales, actionnées par des machines indépendantes, maniées par un seul homme qui s'en sert ainsi pour gouverner;

2° L'emploi de chaînes d'une longueur et d'un poids par mètre bien calculé en vue de la force de traction à opérer;

3° Les rouleaux directeurs empêchant les bouts montant et descendant de la chaîne sans fin de décapeler de leurs rouleaux de support arrière et avant lors des évolutions dans les courts rayons;

4° Le moyen d'embrayer le mou de la chaîne sans fin quand la profondeur de l'eau diminue et d'accroître la longueur de la partie immergée quand la profondeur d'eau augmente.

L'ensemble de ces détails est d'une importance capitale : c'est à eux que j'attribue sans hésitation le succès de l'expérience actuelle.

C'est probablement par l'absence de ces solutions que l'on doit s'expliquer l'état de stérilité dans lequel était restée l'idée du touage par chaîne sans fin présentée il y a plus de quarante ans.

Le problème de l'application de ce mode de touage paraît maintenant résolu sur le plus difficile des fleuves, sur le

Rhône, et par conséquent, *a fortiori*, sur les autres fleuves à courant modéré.

Il y a là d'intéressantes applications à faire pour les transports par eau à petite vitesse, avec une économie qui permettra de mettre en mouvement bien des éléments de richesses agricoles et industrielles aujourd'hui immobilisés, en raison du rapport trop élevé de leur poids à leur valeur.

Exposition internationale anglaise des produits de la pêche et du matériel employé dans cette industrie.

§ 1.

C'est Boulogne-sur-Mer qui a organisé la première exposition maritime, suivie de celles d'Arcachon et du Havre, dont le résultat a été une grande amélioration de la *pisciculture*. La Haye a tenu son concours en 1867, Naples en 1871 et Berlin en 1880. Ce mouvement a fait naître en Angleterre une Société importante pour l'acclimatation du poisson, ainsi que le projet d'une exposition de la pêche à Norwich, ville de la côte Est d'Angleterre qui s'occupe principalement de cette industrie.

Peu à peu, cependant, ce projet a atteint des proportions tellement importantes que le local a été transféré à Londres, et que l'Exposition, appuyée par le gouvernement, ainsi que par la municipalité de cette ville, est devenue internationale. Le prince de Galles et le duc d'Edimbourg se sont vivement et personnellement intéressés à cette démonstration, qui a pour but de répandre la connaissance de tout ce qui concerne l'industrie de la pêche du monde entier, de favoriser la conservation et la propagation du poisson, et surtout de diminuer le prix de cet important article d'alimentation.

Les bâtiments de l'Exposition, qui couvrent presque 10 hectares de terrain, sont construits d'une manière provisoire, en tôle galvanisée, dans les jardins de la Société royale d'Horticulture, à South-Kensington, non loin de l'Exposition de 1851. Les galeries, construites pour servir aux expositions annuelles et spéciales, sont également occupées par les produits exposés. On peut ajouter que le catalogue a déjà 600 pages grand in octavo, et qu'il va être beaucoup augmenté, parce que plusieurs sections étrangères n'ont pas encore envoyé la description de leurs expositions.

Il est aussi à noter qu'au local occupé par l'Exposition est annexé un vrai marché, où le public est admis à acheter sans payer l'entrée à l'Exposition (1^{fr}, 25 et les mercredis 3^{fr}).

Le Catalogue officiel de l'Exposition contient des renseigne-

ments précieux sur l'importance des pêcheries des diverses contrées du monde et sur le nombre des bras employés par chacune d'elles. Ces documents ont fourni à un publiciste anglais, M. Barham, les renseignements contenus dans l'article intéressant ([1]) dont la *Revue Britannique* a donné une traduction et dont nous nous empressons de reproduire la majeure partie.

§ 2.

Le Royaume-Uni compte 120000 pêcheurs, et le poisson qu'ils capturent représente une valeur de 11 millions de livres sterling. Ce nombre de 120000 n'est que celui des hommes embarqués et directement employés à la pêche; le Catalogue ajoute qu'avec leurs familles ils forment une population de 400000 âmes. Si l'on veut avoir une juste estimation de l'industrie de la pêche dans les trois royaumes, il faut ajouter à ce chiffre celui des individus employés à la construction des bateaux et à leur équipement, à leur approvisionnement en sel, barils, etc., au transport et à la distribution du poisson : ce qui doit doubler environ le nombre déjà donné. En outre, comme le combustible, le vêtement et la nourriture sont aussi nécessaires aux pêcheurs que leurs bateaux et leurs filets, et que les gens qui leur fournissent ces objets dépendent aussi bien de la pêche pour leur existence que les pêcheurs eux-mêmes, il faut tenir compte de tout ce monde pour former le total des personnes qui vivent des pêcheries anglaises. Cela doit donner en somme 1 million d'âmes, c'est-à-dire 3 pour 100 de la population du Royaume-Uni. Toutefois, dans cette évaluation, le seul chiffre ferme et authentique est celui des 120000 hommes embarqués pour la pêche. C'est à peu près l'effectif de l'armée anglaise, et près de trois fois le nombre des marins de la flotte britannique.

Comment les auteurs du Catalogue ont-ils obtenu les 11 millions de livres sterling qu'ils donnent comme représentant la valeur du poisson fourni annuellement par les pêcheries de la Grande-Bretagne et de l'Irlande? Ils ne le disent point. L'auteur du présent article, se trouvant en Écosse l'année dernière, apprit que le rendement de l'année précédente s'était élevé à 2250000 livres. Là-dessus, 800000 livres avaient été fournies par les villes de pêche situées sur la côte de l'Aberdeenshire, ce qui est une somme plus considérable que le revenu imposable de tout le comté. Ceux qui ont souvenance des jours d'autrefois n'auront pas oublié qu'on avait coutume de dire que la vente du poisson au marché de Billingsgate produisait plus d'argent que la vente des bestiaux au marché

([1]) Voyez le *Macmillan's Magazine*.

Pour compléter ces notions et caractériser complètement les corps explosifs, il faut connaître encore la durée avec laquelle se propage la décomposition de chacune des matières, c'est-à-dire la vitesse spécifique de leur onde explosive. Cette vitesse a été trouvée, en fait, égale à 2840^m par seconde, pour les mélanges oxyhydriques, à 2400^m pour l'acétylène mêlé d'hydrogène. Les autres gaz combustibles donnent des vitesses analogues, à l'exception de l'oxyde de carbone mêlé d'oxygène, qui tombe à 1089. Avec les matières solides ou liquides, les données analogues manquent la plupart du temps; cependant on a observé des vitesses de 5000^m avec la dynamite, et de 5000^m à 6000^m avec le coton-poudre, vitesses qui rendent bien compte des effets brisants exercés par ces substances. Pour atténuer ces effets, il convient de diluer les corps avec une matière inerte; ce qui tend à changer la détonation en une combustion progressive, phénomène d'un tout autre caractère et dans lequel les actions mécaniques s'exercent d'une façon plus lente : ce genre de combustion est le seul connu avec certitude pour la poudre noire.

Tels sont les résultats généraux de la comparaison des diverses matières explosives.

7. Parmi les déductions intéressantes que nous avons eu occasion de développer, je signalerai l'étude des décompositions multiples d'une même substance explosive, telles que l'azotate d'ammoniaque; l'examen des propriétés du chlorure d'azote, du chlorate de potasse, du perchlorate d'ammoniaque et du bichromate d'ammoniaque; celle des éthers éthylazotique et méthylazotique; la classification des divers genres de dynamites et la discussion théorique de leurs propriétés; un rapport sur la fabrication de la dynamite pendant le siège de Paris; l'étude du fulmicoton proprement dit et celle des fulmicotons hydratés, paraffinés et nitratés; l'examen des picrates; celui des mélanges formés par l'acide azotique associé à une matière organique; celui des éthers perchloriques, et enfin des oxalates métalliques.

8. L'étude des poudres à base d'azotates m'a conduit à des développements spéciaux comme expériences et comme théorie, en raison de l'importance de ce genre de poudres.

J'ai dû approfondir les réactions chimiques qui ont lieu entre de soufre, le carbone, leurs oxydes et leurs sels, ainsi que la décomposition des sulfites et des hyposulfites et l'étude de certains charbons employés dans la fabrication de la poudre, charbons qui retiennent un excès de l'énergie originelle des hydrates de carbone dont ils dérivent. Cet excès joue un rôle très important dans les propriétés explosives de la poudre.

Cela fait, j'examine les divers mélanges de nitre, de soufre et de charbon, qui répondent à une combustion totale, seuls

mélanges pour lesquels on puisse prévoir *a priori* la réaction chimique.

J'aborde ensuite l'étude des poudres de guerre, en commençant par celle des produits de leur combustion, tels qu'ils sont connus par les analyses. Après avoir résumé ces analyses et les avoir ramenées aux produits fondamentaux et aux rapports équivalents, j'insiste sur les oscillations observées entre ces rapports et j'établis une théorie fondée sur l'existence de cinq équations simultanées, d'après lesquelles la métamorphose se développe, suivant un sens et une proportion relative déterminées par les conditions locales de mélange et d'inflammation. J'évalue les données caractéristiques de chacune de ces équations et je montre qu'elles représentent tous les phénomènes observés.

Pour la poudre de mine, il convient d'envisager en outre la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone.

Les poudres à base d'azotate de soude et d'azote de baryte sont ensuite envisagées; en tenant compte de cette circonstance que les réactions chimiques, rapportées aux poids équivalents, doivent dégager à peu près les mêmes quantités de gaz et de chaleur que pour la poudre à base d'azotate de potasse, mais que sous le même poids l'azotate de soude l'emporte, tandis que l'azotate de baryte serait moins favorable.

9. On détermine par l'examen des poudres à base de chlorate de potasse et l'on montre comment ces poudres possèdent une force supérieure à celle des poudres à base d'azotate, attendu qu'elles dégagent plus de chaleur et un volume de gaz au moins égal; mais elles sont fort inférieures à la dynamite et à la poudre-coton.

Elles sont d'ailleurs beaucoup plus dangereuses, à cause de l'extrême facilité avec laquelle elles s'enflamment sous l'influence du choc ou de la friction et à cause de leurs propriétés brisantes : toutes circonstances dont la théorie rend compte et qui expliquent les nombreux accidents produits par les essais de fabrication et d'emploi des poudres au chlorate, faits à différentes époques. Ces poudres étant d'ailleurs surpassées par la dynamite et par la poudre-coton, elles n'offrent aucun avantage spécial qui puisse compenser les dangers exceptionnels de leur préparation et de leur mise en œuvre.

C'est ainsi que les progrès récents des sciences modernes et surtout ceux de la Thermochimie permettent de construire la théorie des matières explosives. Elle résulte de la notion de l'énergie présente dans ces matières, énergie dont le rôle est bien plus général que ne l'aurait fait supposer l'ancienne notion purement chimique des corps comburants opposés aux combustibles. En effet, l'énergie d'une matière explosive exprime le plus grand travail qu'elle puisse effectuer, c'est-à-dire

ne seraient pas ce qu'ils sont, non plus que les peuples des États-Unis et de l'Australie.

Ce qu'on voit à l'Exposition ne concerne que la pêche, il est vrai; mais ce spectacle contient, dans le fond, un grand intérêt historique. L'industrie exercée sur les mers par les hommes de Norwège détermina, en un jour donné, une série d'événements qui ont formé la race anglaise et sa descendance. Les forêts de cette contrée septentrionale et les bancs de poissons qui peuplaient ses eaux créèrent le navigateur norwégien. Celui-ci fut le propulseur d'un courant d'émigration qui a joué dans le monde un rôle plus important que la conquête romaine, et dont les effets, perpétués par leurs descendants, aujourd'hui semés sur presque toute la surface du globe, continueront à s'étendre jusqu'à ce qu'ils aient été ressentis par toute la race hnmaine. C'est là ce qui donne un attrait tout particulier à l'exposition faite par lady Brassey. Lady Brassey a envoyé la reproduction d'un bateau récemment découvert dans une hutte sépulcrale en Norwège, qui est certainement un des objets les plus curieux de l'Exposition et les plus parfaitement appropriés à son but. Il est douteux que le visiteur regarde avec la même émotion le manteau de plumes exposé par la même personne. Cet objet ne dit rien à l'esprit; il ne lui révèle pas autre chose qu'une vanité de barbares, les cruelles souffrances imposées à des myriades d'oiseaux inoffensifs, et une somme énorme de travail humain mal appliqué.

La population actuelle des pêcheries de Norwège, bien que relativement faible en comparaison des ressources que possèdent les autres nations, ne laisse pas que d'être en elle-même considérable. Le dernier recensement la porte à 80000 âmes, soit 11 pour 100 de la population totale. De plus, 50000 hommes sont employés à la construction des vaisseaux, ce qui porte la proportion à 18 pour 100; mais, si l'on ajoute toutes les dépendances, le chiffre total s'élève à la moitié de la population. Sur les 80000 pêcheurs, 26309 sont employés dans la grande pêcherie de Morue de Lofoden, sur 6800 bateaux découverts, ressemblant au modèle envoyé par lady Brassey. Ces hommes prennent en moyenne 26300000 têtes par an. Le temps viendra où, si considérable qu'en soit le nombre, ce poisson ne sera plus salé, même en partie, et où le tout, emballé dans la glace, sera expédié par steamers ou chemins de fer sur tous les marchés de l'Europe. La Norwège a le poisson partout désiré; elle a la glace pour le conserver; les bateaux à vapeur et les railways existent; il ne manque plus que le capital et l'intelligence qui dirigera une si vaste opération. De l'autre côté de l'Atlantique, une seule saison suffirait pour l'organiser et la faire aboutir à un grand succès;

mais le vieux monde ne cesse d'agir et de penser comme si les mers et les frontières qui séparent les peuples étaient aussi prohibitives que jamais de relations et d'échanges.

Dans les pêcheries de Morue situées au nord, entre l'île Lofoden et le cap Nord, 14000 hommes sont employés sur 4000 embarcations. Dans celles du Sud, entre le cap Stat et Trondjem, les nombres respectifs sont juste la moitié des précédents. A ces trois grandes branches de la pêche de la Morue en Norwège, il faut en ajouter quelques autres moins importantes de pleine mer, qui exportent annuellement 75 millions de poissons séchés et salés, lesquels, vendus frais, égaleraient 375000 tonnes. La Norwège peut fournir à chaque famille d'Europe 30 livres de poisson par an, en mettant le nombre de ces familles à 60 millions, chacune se composant de 5 personnes. L'exportation des Harengs de conserve est à peu près de 600000 barils par an.

En Suède, le produit de la pêche n'atteint pas 500000 livres sterling, soit 12500000 francs.

§ 5.

L'Allemagne n'est pas dépourvue de ressources pour la pêche; elle les doit à l'étendue et à la variété de ses eaux, étant baignée d'une part par la mer du Nord et possédant de l'autre toute la côte méridionale de la Baltique. Les nombreuses rivières et les lacs très répandus dans ses provinces de l'Est lui fournissent une grande quantité de Saumons et de Carpes. Mais le trait le plus remarquable de ses pêcheries est leur insuffisance relativement à la demande d'une population intérieure si considérable. Aussi, grâce à la rapidité et au bon marché des transports en notre temps, l'Allemagne importe-t-elle beaucoup plus de poisson étranger que tout autre pays. Stimulés par cette insuffisance de la production locale, les Allemands se sont adonnés dans ces derniers temps à la pisciculture, et ont pris des mesures législatives ayant pour but l'augmentation de leur approvisionnement. Dans ces circonstances, on est quelque peu étonné d'apprendre que Berlin exporte annuellement 30 millions d'écrevisses, principalement en Belgique et en France, non que ce comestible ne soit apprécié à Berlin, mais parce que les Berlinois ne sont pas assez riches pour le payer ce qu'il se vend ailleurs.

La notice sur les pêcheries allemandes, contenue dans le Catalogue, mentionne certaines découvertes préhistoriques qui ont mis en lumière des faits surprenants, tendant à démontrer l'étroite connexion qui existe entre la civilisation naissante et l'exercice de la pêche. Cette notice ajoute que, dans les temps historiques, la pêche fut un facteur important

dans l'économie constitutive de la nation, et que ce fut en grande partie la source d'où dériva la puissance de la Ligue hanséatique.

Les pêcheries d'Italie se distinguent par la variété des poissons qu'elles fournissent, car les espèces de la Méditerranée surpassent en nombre celles des côtes de l'Océan. Ce qui surprend, en regard de ce fait, c'est le faible revenu de ces pêcheries (40 millions de francs), comparé au nombre d'hommes employés, qui est de 60000, et l'insuffisance de leur produit, vu que les importations s'élèvent à 21500000fr. Le produit le plus important des mers d'Italie est le corail; après quoi viennent l'Anchois, le Thon et la Sardine.

Les pêcheries d'Espagne ne font pas exception à l'état général d'atonie qui pèse sur l'industrie de cette contrée. Les Espagnols ont renoncé à la grande pêche; mais leurs besoins sont si peu considérables à cet égard, que, sur le peu de poisson qu'ils prennent le long de leurs côtes, ils en exportent pour 2 millions de francs.

§ 6.

La notice la plus intéressante et la mieux rédigée du Catalogue officiel est celle qui émane du commissaire des États-Unis. Très remarquable par sa lucidité, elle donne tous les renseignements désirables, en même temps qu'elle indique les bases des calculs de son auteur. Ainsi elle distingue, et nulle autre part nous ne trouvons cette distinction, entre les prix obtenus par les pêcheurs pour leurs produits et les prix du marché. On y voit qu'en 1880 le chiffre représentant la première catégorie, c'est-à-dire la rémunération des pêcheurs, s'éleva à 9 millions de livres sterling; et que, l'année dernière, par suite d'une augmentation de quantité et de l'élévation des cours, le prix total du marché réalisa la somme énorme de 20 millions de livres, soit un demi-milliard en monnaie française. Par l'excellence et la perfection de leurs appareils, par les dimensions et l'aménagement de leurs navires, comme par l'étendue de leurs eaux et la valeur de leur butin, les hommes qui représentent la race anglaise de l'autre côté de l'Atlantique se sont déjà placés à la tête de cette industrie. C'est là un fait hautement significatif, si l'on songe à la cherté de la main-d'œuvre aux États-Unis et si l'on considère en outre que tous les bras disponibles sont employés à rendre habitable le nouveau continent, qui est encore en cours d'occupation. Il faut dire, à la vérité, que la nature n'a octroyé à nul autre pays un si vaste et si magnifique champ de pêche. Il embrasse en effet les deux océans, qui sont ouverts à l'entreprise américaine depuis la zone arctique jusqu'à la zone antarctique,

et, dans ces deux zones, les intrépides pêcheurs de la Nouvelle-Angleterre poursuivent la baleine et le veau marin. Leurs propres côtes, à l'est et l'ouest, s'étendent jusqu'aux extrémités de la Floride et de la Californie, c'est-à-dire jusqu'au tropique du Cancer. Leurs vastes lacs, leurs fleuves géants, leur énorme étendue de côtes leur donnent quinze cents espèces de poisson.

Mais tous ces avantages seraient improductifs dans les mains d'une race inintelligente et paresseuse. Celle-ci s'est, de tout temps, adonnée à la pêche et elle y a merveilleusement réussi, parce qu'elle vient d'une bonne souche de pêcheurs. Les premiers colons de la Nouvelle-Angleterre (1) venaient principalement du Norfolk et du Devonshire, les deux meilleurs comtés pour la pêche de la Grande-Bretagne. Cette provenance s'accuse dans l'emplacement choisi par eux pour leur premier établissement. Ils devinèrent du premier coup d'œil les ressources qu'offrait pour la pêche cette partie de la côte. C'était en l'année 1620. Cent cinquante ans plus tard, la Nouvelle-Angleterre employait 4405 hommes et 665 vaisseaux dans les pêcheries de Terre-Neuve, ce qui était beaucoup pour des communautés encore à l'état d'enfance. Au bout d'un autre siècle, nous les voyons en possession de la plus grande industrie de pêche qu'il y ait dans le monde.

Le contraste le plus frappant offert par l'Exposition est celui qui existe entre les pêcheries de la nation la plus jeune du monde et les pêcheries de la plus ancienne. Dans l'exposition des États-Unis, chaque objet est caractérisé, sans presque aucun égard pour le coût, par l'effort visible de l'adapter à son but aussi complètement que peuvent y concourir la pensée et les matériaux utilisables à notre époque. En Chine, la préocupation dominante est de faire tout aussi économiquement que possible, et, autant que possible, de la façon qui était regardée comme la plus économique il y a quelques milliers d'années; il faut ajouter : avec fort peu de considération pour l'agent humain. Le bateau de pêche est généralement la seule habitation du pêcheur et de sa famille; celui-ci vit de ce qui est strictement nécessaire pour vivre; aussi tout son appareil est-il aussi simple et aussi peu coûteux que le comporte son désir de prendre tout juste assez de poisson pour faire vivre sa famille.

Il n'y a, dans les 33 acres de la surface couverte par l'Exposition et dans les 600 pages de son Catalogue rien de plus

(1) On donne ou plutôt on donnait autrefois le nom de *Nouvelle-Angleterre* à la partie nord-est des États-Unis, formant aujourd'hui les États du Maine, Vermont, Connecticut, Rhode-Island, Massachussets et New-Hampshire.

significatif que ce contraste entre l'exposition chinoise et celle des États-Unis. Elles représentent deux points de vue très opposés de la vie humaine, deux méthodes absolument contraires d'exploiter la nature et d'en tirer les moyens de subsistance. Le peuple qui compte 300 millions d'âmes, qui est capable de travailler pour moins que tout autre peuple, qui peut vivre là où tout autre mourrait de faim, qui s'accommode de tous les climats et de toutes les formes de gouvernement, ce peuple brisera-t-il enfin les barrières invisibles dans lesquelles il s'est toujours renfermé et dont il semble vouloir sortir aujourd'hui? Se répandra-t-il dans les autres parties du monde pour déplacer les populations, en prenant possession des moyens d'existence par son aptitude à travailler plus et à vivre de moins? Ou bien, pour prendre la question à rebours, le peuple le plus progressif du globe, qui ne voit dans ce qui a été fait avant lui qu'un point de départ d'où il doit marcher en avant; qui, sans répugner au travail manuel, travaille du cerveau plus qu'aucun autre peuple, dans le but non seulement de vivre, mais de bien vivre; qui regarde le monde comme un champ ouvert à son activité, et les forces de la nature comme autant de problèmes qu'il est appelé à résoudre; ce peuple sera-t-il circonscrit, battu, déplacé par le Chinois?

On a dit que, s'il venait jamais à surgir un Napoléon chinois, il taillerait de rudes croupières au reste du monde. Cette hypothèse, selon nous, est absolument chimérique, parce que l'avenir ne peut naître que du passé, et que, durant ses milliers d'années d'existence et sur ses centaines de millions d'habitants, la Chine n'a produit aucun Napoléon. Le contraste que nous avons signalé semble répondre d'une façon satisfaisante aux appréhensions de cette nature, et c'est à tort que certains esprits en sont troublés pour le moment. On peut affirmer que, dans cinquante ans d'ici, le Chinois, avec les mêmes appareils qu'il expose aujourd'hui, capturera la même somme de poisson, qui est probablement celle que ses ancêtres capturaient de la même façon il y a deux ou trois mille ans. Cette intéressante et instructive Exposition prouve, entre plusieurs autres choses, que l'histoire et les conditions actuelles des diverses pêcheries font connaître les peuples qui les exploitent, en donnant la juste mesure de leur caractère.

Le Gérant : E. Cottin,

A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

18 NOVEMBRE 1883. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 190.

Les éclipses et la constitution du Soleil;

Par M. L. BARRÉ,
Astronome adjoint à l'Observatoire de Paris.

L'éclipse totale du 6 mai dernier a été observée en Océanie par la mission française, à la tête de laquelle se trouvait notre savant compatriote M. Janssen, l'illustre directeur de l'Observatoire d'Astronomie physique de Meudon. Nous voulons étudier les conquêtes successives de la Science sur un des sujets les plus difficiles, la *constitution du Soleil* (1). Nous verrons que ce sont les éclipses qui ont révélé presque tout ce que nous en savons : elles ont même indiqué la plupart des *desiderata* de cette partie de l'Astronomie.

Le Soleil est l'astre le plus brillant; aussi les meilleures vues ne peuvent le considérer attentivement que pendant un temps très court et lorsqu'il n'est pas bien élevé au-dessus de l'horizon. Elles n'y distinguent qu'une masse fort brillante, sans aucun détail de structure; elles y voient rarement quelques taches lorsque celles-ci ont des dimensions extraordinaires. Cinq cents ans avant Jésus-Christ, Anaxagore considérait le Soleil comme un *rocher enflammé :* voulait-il comparer les taches aux crevasses qu'on remarque dans certains rochers? Visait-il d'autres rapprochements? C'est ce que nous ne savons guère. Il ne le croyait pas plus grand que le Péloponèse. Archélaüs, un de ses disciples, enseignait à ses élèves (ce qui n'était alors qu'une simple conjecture) que le Soleil est une étoile qui surpasse en grandeur toutes les autres. En raison de la chaleur et de la lumière qu'il nous envoie, Zénon appelait l'astre du jour l'*essence du feu.*

Trois grandes découvertes ont surtout fait avancer l'étude de la Physique céleste et en particulier la connaissance de la

(1) *Voir* dans le *Bulletin* de l'Association scientifique du 4 mars 1883, l'intéressante conférence *Le Soleil,* de M. Faye.

Rhône, et par conséquent, *a fortiori*, sur les autres fleuves à courant modéré.

Il y a là d'intéressantes applications à faire pour les transports par eau à petite vitesse, avec une économie qui permettra de mettre en mouvement bien des éléments de richesses agricoles et industrielles aujourd'hui immobilisés, en raison du rapport trop élevé de leur poids à leur valeur.

Exposition internationale anglaise des produits de la pêche et du matériel employé dans cette industrie.

§ 1.

C'est Boulogne-sur-Mer qui a organisé la première exposition maritime, suivie de celles d'Arcachon et du Havre, dont le résultat a été une grande amélioration de la *pisciculture*. La Haye a tenu son concours en 1867, Naples en 1871 et Berlin en 1880. Ce mouvement a fait naître en Angleterre une Société importante pour l'acclimatation du poisson, ainsi que le projet d'une exposition de la pêche à Norwich, ville de la côte Est d'Angleterre qui s'occupe principalement de cette industrie.

Peu à peu, cependant, ce projet a atteint des proportions tellement importantes que le local a été transféré à Londres, et que l'Exposition, appuyée par le gouvernement, ainsi que par la municipalité de cette ville, est devenue internationale. Le prince de Galles et le duc d'Edimbourg se sont vivement et personnellement intéressés à cette démonstration, qui a pour but de répandre la connaissance de tout ce qui concerne l'industrie de la pêche du monde entier, de favoriser la conservation et la propagation du poisson, et surtout de diminuer le prix de cet important article d'alimentation.

Les bâtiments de l'Exposition, qui couvrent presque 10 hectares de terrain, sont construits d'une manière provisoire, en tôle galvanisée, dans les jardins de la Société royale d'Horticulture, à South-Kensington, non loin de l'Exposition de 1851. Les galeries, construites pour servir aux expositions annuelles et spéciales, sont également occupées par les produits exposés. On peut ajouter que le catalogue a déjà 600 pages grand in octavo, et qu'il va être beaucoup augmenté, parce que plusieurs sections étrangères n'ont pas encore envoyé la description de leurs expositions.

Il est aussi à noter qu'au local occupé par l'Exposition est annexé un vrai marché, où le public est admis à acheter sans payer l'entrée à l'Exposition (1^{fr}, 25 et les mercredis 3^{fr}).

Le Catalogue officiel de l'Exposition contient des renseigne-

ments précieux sur l'importance des pêcheries des diverses contrées du monde et sur le nombre des bras employés par chacune d'elles. Ces documents ont fourni à un publiciste anglais, M. Barham, les renseignements contenus dans l'article intéressant (1) dont la *Revue Britannique* a donné une traduction et dont nous nous empressons de reproduire la majeure partie.

§ 2.

Le Royaume-Uni compte 120000 pêcheurs, et le poisson qu'ils capturent représente une valeur de 11 millions de livres sterling. Ce nombre de 120000 n'est que celui des hommes embarqués et directement employés à la pêche; le Catalogue ajoute qu'avec leurs familles ils forment une population de 400000 âmes. Si l'on veut avoir une juste estimation de l'industrie de la pêche dans les trois royaumes, il faut ajouter à ce chiffre celui des individus employés à la construction des bateaux et à leur équipement, à leur approvisionnement en sel, barils, etc., au transport et à la distribution du poisson : ce qui doit doubler environ le nombre déjà donné. En outre, comme le combustible, le vêtement et la nourriture sont aussi nécessaires aux pêcheurs que leurs bateaux et leurs filets, et que les gens qui leur fournissent ces objets dépendent aussi bien de la pêche pour leur existence que les pêcheurs eux-mêmes, il faut tenir compte de tout ce monde pour former le total des personnes qui vivent des pêcheries anglaises. Cela doit donner en somme 1 million d'âmes, c'est-à-dire 3 pour 100 de la population du Royaume-Uni. Toutefois, dans cette évaluation, le seul chiffre ferme et authentique est celui des 120000 hommes embarqués pour la pêche. C'est à peu près l'effectif de l'armée anglaise, et près de trois fois le nombre des marins de la flotte britannique.

Comment les auteurs du Catalogue ont-ils obtenu les 11 millions de livres sterling qu'ils donnent comme représentant la valeur du poisson fourni annuellement par les pêcheries de la Grande-Bretagne et de l'Irlande? Ils ne le disent point. L'auteur du présent article, se trouvant en Écosse l'année dernière, apprit que le rendement de l'année précédente s'était élevé à 2250000 livres. Là-dessus, 800000 livres avaient été fournies par les villes de pêche situées sur la côte de l'Aberdeenshire, ce qui est une somme plus considérable que le revenu imposable de tout le comté. Ceux qui ont souvenance des jours d'autrefois n'auront pas oublié qu'on avait coutume de dire que la vente du poisson au marché de Billingsgate produisait plus d'argent que la vente des bestiaux au marché

(1) Voyez le *Macmillan's Magazine*.

[illegible]. Il est vrai que ceci se rapporte à un temps où Londres n'avait pas encore atteint la vaste étendue qu'il a aujourd'hui, et où Billingsgate était dans une plus large mesure que de nos jours le marché au poisson de tout le pays.

L'importance relative des diverses espèces de poissons serait un intéressant objet d'étude. Il est à supposer que le Hareng, le poisson du pauvre, tient le premier rang. Les Écossais en exportent pour l'ordinaire 1 million de barils par an. Il faut ajouter à ce chiffre ce qui se réserve en Écosse pour la consommation du pays, et de plus le Hareng des pêcheries anglaises, qui se consomme principalement en Angleterre. Le second rang appartient sans aucun doute, non à la Morue ni au Maquereau, mais à la sole, dont la saison dure toute l'année. Ce poisson, si universellement recherché, joue un grand rôle dans l'alimentation de l'Angleterre, et il n'est pas de jour, sauf dans le cas d'une continuité de mauvais temps, où l'on ne le trouve en abondance chez les marchands de poisson de toutes les villes. Les deux poissons les plus chers, le Saumon et le Turbot, ne viennent, comme quantité, qu'après la Morue.

Aux espèces déjà nommées il faut en ajouter plusieurs autres, dont les principales sont : le Merlan, l'Éperlan, l'Anguille, le Flétan, la Sardine, la Dorade, la Raie, le Rouget, l'Églefin, la Perche, le Mulet rouge et le Mulet gris, sans parler de la Truite et autres poissons d'eau douce. Yarrell, dans son ouvrage sur le poisson anglais, nomme et décrit deux cent vingt et une espèces, dont la plupart, il faut le dire, sont nulles pour l'économie domestique et la gastronomie; mais ce nombre prouve combien sont favorables à la vie du poisson les eaux qui entourent le Royaume-Uni.

Un aperçu des pêcheries anglaises serait incomplet si l'on n'y ajoutait les Mollusques et les Crustacés : Homards, Crevettes, Crabes, Bucardes, Bigornes, Moules et Huîtres. Ces espèces fournissent à la pêche des quantités surprenantes, qui sont loin toutefois d'égaler la demande. Nous ne saurions préciser le nombre des Homards de Norwège qui s'ajoutent annuellement au produit des côtes anglaises; mais, il y a cinquante ans, Yarrell affirmait que les Hollandais en fournissaient à l'Angleterre 1 million, pris sur la côte de Norwège. Quant aux Crevettes, c'est le luxe des gens riches; parfois aussi la pauvre ménagère, qui veut régaler sa famille après une semaine de travail, en dépose une pinte sur sa table à thé. L'année dernière, 2500000 livres pesant de ces petits Crustacés ont été importées en Angleterre par les Hollandais.

L'insuffisance des Huîtres est depuis longtemps un fait notoire, et il n'y a nulle apparence que l'Angleterre puisse jamais obtenir de ses propres ressources la quantité qui lui est né-

cessaire. Il y a seize ans, à la suite d'un voyage aux États-Unis, durant lequel nous avions constaté l'inépuisable abondance de ce Mollusque sur les côtes des deux Océans, nous suggérâmes qu'on pourrait tirer de là ce qui manque au Royaume-Uni. En 1880, cette contrée lui en fournit pour 70000 livres sterling. Néanmoins c'est là une source sur laquelle l'Angleterre ne peut pas compter, attendu qu'avec une population qui s'accroît chaque année de plus de 2 millions d'âmes, et en raison du bien-être qui tend à se généraliser, les États-Unis peuvent, d'ici bien des années, consommer tout ce que produisent leurs côtes.

§ 3.

L'Angleterre possède, au point de vue de la pêche, un immense avantage sur la plupart des autres pays d'Europe : c'est que l'eau l'entoure de toutes parts ; tandis que la Hollande, l'Allemagne, le Danemark, la France n'ont qu'une ou deux côtes, son terrain de pêche s'étend sur quatre côtes.

Les Français sont des pêcheurs habiles et heureux. Personne n'ignore, en Angleterre, l'importance du port de pêche de Boulogne. Il peut soutenir la comparaison avec Yarmouth, Grimsby, Whitby, Scarborough ou Filey. Malheureusement, les Français n'ont concouru que dans une faible mesure à l'exposition de South-Kensington. En 1881, la France avait 80876 hommes employés à la pêche, montés sur 22125 embarcations, formant une capacité totale de 150000 tonnes. Les rapports émanés de sources locales donnent, en outre, une population côtière de 55000 individus, hommes, femmes ou enfants, voués à l'industrie de la pêche et vivant de ses produits. Le produit total des pêcheries françaises, en 1880, a été de 87 millions de francs. En 1881, le résultat fut un peu moindre, à cause de la diminution dans la prise des Sardines. Le produit annuel des Huîtres, en France, est évalué à 18 millions de francs ([1]).

([1]) L'auteur de cet article paraît ignorer tout ce qui, depuis 50 ans, a été fait en France pour l'amélioration de l'Ostréiculture et de la pêche des Huîtres ; mais les lecteurs de notre *Bulletin hebdomadaire* ont été tenus au courant des progrès accomplis ainsi, et par conséquent, nous croyons inutile de revenir sur ce sujet. Il nous suffira de renvoyer à la Notice sur l'*Histoire naturelle de l'Huître et sur les progrès récents de l'Ostréiculture*, publiée, il y a un an, dans les n[os] 136 et 137 de ce Recueil (les 5 et 7 novembre 1882).

Nous ajouterons que M. Brocchi, maître de conférences à l'Institut national agronomique, a été chargé de faire, à Concarneau, un cours spécial sur l'Ostréiculture, et qu'il vient de faire paraître à la librairie de la Maison rustique (rue Jacob, n° 26, sur ce sujet, un Ouvrage intitulé : *Traité d'Ostréiculture* (1 vol. in-12).

Les Hollandais, peuple amphibie, sont difficiles à battre sur terre et sur mer, mais principalement sur mer. Il y a deux ou trois siècles, c'étaient les pêcheurs les plus hardis, les plus ingénieux du monde entier et les plus renommés pour leurs succès. Amsterdam, leur grand port de commerce, fut, dit-on, bâti sur des arêtes de Harengs. Les Hollandais doivent l'exportation du Hareng et la richesse qu'elle leur a procurée à Wilhem Beukenzoon, né vers le commencement du XIVe siècle. Si la première idée de la salaison des harengs ne peut lui être attribuée, il inventa du moins une méthode particulière de les saler pour les mettre en barils et les exporter. Les pêcheries de la Baltique existaient depuis 300 ans, et leurs produits devaient certainement être salés de façon ou d'autre. On voit, en 1290, des Harengs séchés et préalablement soumis à la salaison, sans aucun doute, figurer dans les provisions embarquées sur un navire partant de Yarmouth pour la Norwège. Ce qu'indiqua l'immortel Beukenzoon, ce fut, au lieu de sécher les Harengs, de les imbiber de sel humide et de les encaquer dans des barils, avec la certitude qu'ils voyageraient sans se corrompre. Le procédé était rapide, peu coûteux, et le résultat un article supérieur et à bon marché. Le grand homme mourut en 1449 et fut enterré dans sa ville natale de Biervliet. Sa patrie, reconnaissante, lui érigea une statue. Un siècle plus tard, environ, le plus puissant des potentats qui eût régné sur le monde depuis les Césars romains, le grand empereur Charles-Quint, comprenant toute l'influence du fameux procédé sur la prospérité de ses États néerlandais, visita le tombeau de Benkelzoon. En contemplant le mausolée, s'il compara cette gloire modeste avec la sienne propre, se demanda-t-il lequel de l'empereur ou du préparateur de Harengs avait plus fait pour le bien de l'humanité?

Les Hollandais prennent actuellement, chaque année, dans la mer du Nord, 200 millions de harengs, qu'ils salent et qu'ils mettent en barils suivant l'antique recette de Benkelzoon. Ils en prennent aussi environ 50 millions dans le Zuyderzée. Ceux-ci sont, pour la plupart, vendus frais. Mais ces chiffres sont insignifiants, si on les compare à ceux des pêcheries écossaises de harengs, dont l'exportation s'élève à 1 million de barils, soit au moins 700 millions de têtes. Les Hollandais ont aussi, dans le Zuyderzée, une vaste pêcherie d'anchois, qui occupe 1200 bateaux et donne, dans les bonnes années, 70000 barils de 3500 têtes chacun, ou 250 millions d'anchois. L'Angleterre leur paye de très fortes sommes pour le poisson qu'ils prennent dans la mer du Nord. Il y a cinquante ans, au temps du régime protecteur et du régime onéreux sur le poisson étranger, avant que l'usage se fût introduit d'em-

baller le poisson dans la glace et de l'apporter par steamers sur le marché, l'Angleterre leur achetait annuellement, d'après Yarrel, pour 80000 livres sterling de turbots et 15000 de Homards. La Hollande possède, en outre, une pêcherie très considérable de Morue, dont une grande partie, celle qui vient du Dogger-Bank, est vendue fraîche.

Les Belges sont, relativement à leur nombre, grands consommateurs de poisson. Il s'en vend annuellement pour 170000 livres sterling sur le marché d'Ostende. Plus de la moitié de cette prise est due aux pêcheurs de Belgique; le reste est fourni par les bateaux de France et d'Angleterre. Anvers fait aussi un grand commerce de poisson; il s'en importe, en outre, une grande quantité de Hollande par chemin de fer.

Les pêcheries du Danemark peuvent s'évaluer, pour leur rapport, à 250000 livres sterling par an. L'espèce la plus importante fournie par les eaux danoises est celle des Anguilles des deux Belts et du Sund. La plus grande partie de ce butin se vend à l'Allemagne.

N'oublions pas l'Islande, dont les pêcheries de Morue rapportent environ 4 millions de couronnes anglaises; ce qui, joint à 1300000 couronnes pour le Hareng, forme une somme annuelle de 250000 livres sterling.

§ 4.

Nous voici arrivé aux pêcheries de Norwège, qui offrent un plus grand intérêt historique que celles de Hollande même. Aucune nation européenne n'emploie à la pêche une population aussi relativement nombreuse. Si loin qu'on remonte dans son histoire, il n'en fut jamais autrement. En tout temps, le peuple de cette contrée a tiré de la mer sa principale subsistance. La nature a peu donné à la Norwège comme territoire; mais, en revanche, elle lui a beaucoup octroyé sous le rapport maritime. Elle lui a donné, en outre, des forêts inépuisables pour la construction de ses navires, en même temps qu'une côte qui, avec ses innombrables *fiords*, est magnifiquement appropriée à la pêche. Une si merveilleuse combinaison d'avantages devait produire son résultat, et il s'est produit, en effet, de façon à laisser des traces indélébiles. Ce sont ces avantages qui, il y a mille ans, firent de ses habitants d'intrépides coureurs de mer. Si les hommes du Nord n'avaient pas été un peuple de pêcheurs aventureux, mécontents de leur terre ferme, ils ne se seraient pas établis en France. Guillaume de Normandie n'eût pas importé en Angleterre le langage de France et ses barons allemands; la langue dans laquelle pensait Shakspeare n'eût pas été créée; les Anglais

ne seraient pas ce qu'ils sont, non plus que les peuples des États-Unis et de l'Australie.

Ce qu'on voit à l'Exposition ne concerne que la pêche, il est vrai; mais ce spectacle contient, dans le fond, un grand intérêt historique. L'industrie exercée sur les mers par les hommes de Norwège détermina, en un jour donné, une série d'événements qui ont formé la race anglaise et sa descendance. Les forêts de cette contrée septentrionale et les bancs de poissons qui peuplaient ses eaux créèrent le navigateur norwégien. Celui-ci fut le propulseur d'un courant d'émigration qui a joué dans le monde un rôle plus important que la conquête romaine, et dont les effets, perpétués par leurs descendants, aujourd'hui semés sur presque toute la surface du globe, continueront à s'étendre jusqu'à ce qu'ils aient été ressentis par toute la race hnmaine. C'est là ce qui donne un attrait tout particulier à l'exposition faite par lady Brassey. Lady Brassey a envoyé la reproduction d'un bateau récemment découvert dans une hutte sépulcrale en Norwège, qui est certainement un des objets les plus curieux de l'Exposition et les plus parfaitement appropriés à son but. Il est douteux que le visiteur regarde avec la même émotion le manteau de plumes exposé par la même personne. Cet objet ne dit rien à l'esprit; il ne lui révèle pas autre chose qu'une vanité de barbares, les cruelles souffrances imposées à des myriades d'oiseaux inoffensifs, et une somme énorme de travail humain mal appliqué.

La population actuelle des pêcheries de Norwège, bien que relativement faible en comparaison des ressources que possèdent les autres nations, ne laisse pas que d'être en elle-même considérable. Le dernier recensement la porte à 80000 âmes, soit 11 pour 100 de la population totale. De plus, 50000 hommes sont employés à la construction des vaisseaux, ce qui porte la proportion à 18 pour 100; mais, si l'on ajoute toutes les dépendances, le chiffre total s'élève à la moitié de la population. Sur les 80000 pêcheurs, 26309 sont employés dans la grande pêcherie de Morue de Lofoden, sur 6800 bateaux découverts, ressemblant au modèle envoyé par lady Brassey. Ces hommes prennent en moyenne 26300000 têtes par an. Le temps viendra où, si considérable qu'en soit le nombre, ce poisson ne sera plus salé, même en partie, et où le tout, emballé dans la glace, sera expédié par steamers ou chemins de fer sur tous les marchés de l'Europe. La Norwège a le poisson partout désiré; elle a la glace pour le conserver; les bateaux à vapeur et les railways existent; il ne manque plus que le capital et l'intelligence qui dirigera une si vaste opération. De l'autre côté de l'Atlantique, une seule saison suffirait pour l'organiser et la faire aboutir à un grand succès;

mais le vieux monde ne cesse d'agir et de penser comme si les mers et les frontières qui séparent les peuples étaient aussi prohibitives que jamais de relations et d'échanges.

Dans les pêcheries de Morue situées au nord, entre l'île Lofoden et le cap Nord, 14000 hommes sont employés sur 4000 embarcations. Dans celles du Sud, entre le cap Stat et Trondjem, les nombres respectifs sont juste la moitié des précédents. A ces trois grandes branches de la pêche de la Morue en Norwège, il faut en ajouter quelques autres moins importantes de pleine mer, qui exportent annuellement 75 millions de poissons séchés et salés, lesquels, vendus frais, égaleraient 375000 tonnes. La Norwège peut fournir à chaque famille d'Europe 30 livres de poisson par an, en mettant le nombre de ces familles à 60 millions, chacune se composant de 5 personnes. L'exportation des Harengs de conserve est à peu près de 600000 barils par an.

En Suède, le produit de la pêche n'atteint pas 500000 livres sterling, soit 12500000 francs.

§ 5.

L'Allemagne n'est pas dépourvue de ressources pour la pêche; elle les doit à l'étendue et à la variété de ses eaux, étant baignée d'une part par la mer du Nord et possédant de l'autre toute la côte méridionale de la Baltique. Les nombreuses rivières et les lacs très répandus dans ses provinces de l'Est lui fournissent une grande quantité de Saumons et de Carpes. Mais le trait le plus remarquable de ses pêcheries est leur insuffisance relativement à la demande d'une population intérieure si considérable. Aussi, grâce à la rapidité et au bon marché des transports en notre temps, l'Allemagne importe-t-elle beaucoup plus de poisson étranger que tout autre pays. Stimulés par cette insuffisance de la production locale, les Allemands se sont adonnés dans ces derniers temps à la pisciculture, et ont pris des mesures législatives ayant pour but l'augmentation de leur approvisionnement. Dans ces circonstances, on est quelque peu étonné d'apprendre que Berlin exporte annuellement 30 millions d'écrevisses, principalement en Belgique et en France, non que ce comestible ne soit apprécié à Berlin, mais parce que les Berlinois ne sont pas assez riches pour le payer ce qu'il se vend ailleurs.

La notice sur les pêcheries allemandes, contenue dans le Catalogue, mentionne certaines découvertes préhistoriques qui ont mis en lumière des faits surprenants, tendant à démontrer l'étroite connexion qui existe entre la civilisation naissante et l'exercice de la pêche. Cette notice ajoute que, dans les temps historiques, la pêche fut un facteur important

constitution du Soleil : *les lunettes et les télescopes, la Photographie, l'Analyse spectrale.*

Galilée, doué d'un esprit à la fois vif et précis, sut obtenir avec les lunettes des résultats merveilleux pour son époque : les taches (¹) et la rotation du Soleil, les phases de Vénus, les satellites de Jupiter, les apparences de Saturne, les montagnes de la Lune, les innombrables étoiles de la voie lactée.

Le jésuite Scheiner croyait les taches du Soleil analogues aux planètes qui circulent autour de cet astre en nous montrant leur partie obscure. Galilée réfuta cette hypothèse et fit voir que, leur période de visibilité étant de quatorze jours environ, elles sont situées sur le Soleil et entraînées dans sa rotation. Alors le P. Scheiner compara l'astre du jour à un océan dont on distingue parfois les vagues, les abîmes et les tempêtes.

Le P. Kircher le regardait comme une masse de cuivre fondu et bouillant, probablement à cause de la teinte cuivrée qu'on lui voit (ainsi qu'à tous les autres astres) lorsqu'il est près de l'horizon, et que ses rayons ont traversé une grande masse atmosphérique baignée de vapeur d'eau.

Mais l'éclat du Soleil, amplifié par les lunettes, altérait gravement la vue : Galilée et plusieurs astronomes après lui furent frappés de cécité. Après de longues années, on eut enfin l'idée d'employer des verres d'une couleur très foncée. On les plaça d'abord en avant de l'objectif ; leur grande dimension en rendait la construction difficile, et, quand ils n'étaient pas parfaits, les images se trouvaient déformées. Enfin on les adapta aux oculaires, comme on le fait aujourd'hui ; grâce à leurs faibles dimensions, on put les obtenir dans les meilleures conditions (²).

Il était dès lors possible d'observer le Soleil d'une manière suivie : on voyait un disque brillant sur lequel s'étendent parfois des taches dont la grandeur et la forme varient à l'infini, mais rien de plus.

(¹) Elles avaient été observées ou peut-être simplement publiées avant lui par Fabricius et Scheiner. (Dans *le Soleil*, p. 88, s'appuyant sur les règles adoptées au sujet de la propriété scientifique basée sur les publications ou sur les lettres, Young estime que la découverte des taches a été faite séparément et successivement par Fabricius, Scheiner et Galilée.) Aussi, pour se réserver la priorité de ses découvertes et ne les annoncer qu'après une vérification minutieuse, Galilée eut le soin de les publier sous forme d'anagrammes dont il donnait l'explication quand il était bien en possession de son sujet.

(²) Les verres demi-foncés permettent d'observer des astres assez voisins du Soleil alors que l'atmosphère trop brillante rend l'observation impossible à l'œil nu placé devant les lunettes. (Observations de Vénus et de plusieurs étoiles en juillet 1880.)

Un peu plus tard, l'Astronomie marchait à pas de géant avec le grand W. Herschel. L'ancien musicien d'un régiment de Hanovre, grâce aux merveilleux instruments qu'il avait construits de ses propres mains, à son travail surhumain et surtout à son intelligence extraordinaire, posait les fondements de l'astronomie sidérale : *Les étoiles sont des soleils. De notre est une étoile de la voie lactée, nébuleuse qui est aux autres nébuleuses plus éloignées ce qu'est notre Soleil à l'une des soixante quinze millions d'étoiles calculées ou plutôt prévues par l'illustre astronome.* Notre Soleil est formé de trois parties : un *noyau* central opaque, entouré de deux couches concentriques gazeuses ; la *chromosphère*, qui est la partie moyenne, est une substance réfléchissante et non lumineuse ; la *photosphère*, ou couche extérieure, est à la fois lumineuse et calorifique. Cette idée fut généralement adoptée avec de légères modifications jusqu'en 1859.

Mentionnons aussi pour mémoire l'hypothèse, extrêmement originale au point de vue scientifique, émise par Ch. Palmer en 1798 : Le Soleil est *une immense sphère de glace*, attendu que, quand on s'élève dans les airs, on se rapproche du Soleil, et le froid devient de plus en plus intense. *Cette masse glacée est une lentille convergente qui concentre sur la Terre la lumière et la chaleur émanées du Tout-Puissant !*

F. Arago s'était livré aux recherches astronomiques avec une véritable passion. Si, malgré toutes ses connaissances, il n'a pas fait une ample moisson de découvertes, il a du moins, par son habile enseignement, rendu populaire et accessible une science qui semblait l'apanage de quelques rares initiés. Il étudia la nature des rayons solaires au moyen de la lunette nommée *polariscope,* fondée sur la polarisation de la lumière, et il découvrit que celle du Soleil n'est ni réfléchie ni réfractée, mais bien *émise par un corps gazeux*. C'était une confirmation de la théorie de Herschel.

Les éclipses de Lune et de Soleil, totales ou partielles, étaient observées autrefois par les astronomes avec la plus grande attention : les mouvements apparents de ces astres étant mal déterminés, les heures précises des contacts fournissaient une rectification des Tables de ces mouvements. Depuis plusieurs années, les circonstances sont bien changées. Les Tables du Soleil ont été construites par Le Verrier avec une précision que l'on atteindra difficilement. Celles de la Lune, dues à Hansen, n'ont pas la même exactitude ; mais nous aurons bientôt celles de M. F. Tisserand, dressées d'après la théorie de Delaunay, et qui, en raison de leurs éminents auteurs, ne laisseront rien à désirer.

Les éclipses partielles ne nous apportent plus guère d'éléments nouveaux, mais les éclipses totales nous fournissent des

renseignements précieux sur la constitution de l'astre radieux que les anciens appelaient avec raison l'*âme de la nature*.

C'est pendant l'éclipse totale de 1842 qu'on observa sérieusement pour la première fois les *protubérances solaires*. Dans la description qu'ils en firent, les astronomes les considérèrent comme des *montagnes de glace éclairées par le soleil couchant*, comme des *flammes rouges*, ou comme des *nuages enflammés* reposant sur le contour de la Lune alors que le disque du Soleil était caché par notre satellite. L'incertitude qui régnait dans les esprits était si grande que l'on ne put décider si les protubérances appartiennent au Soleil, à la Lune, ou à notre atmosphère, ou si elles ne sont qu'une illusion d'optique analogue aux arcs-en-ciel et aux halos. C'est seulement en 1850 et en 1851 que les éclipses totales du 8 août et du 28 juillet permirent de répondre à cette question si controversée. On vit les protubérances se détacher nettement du disque de la Lune, et les astronomes reconnurent qu'elles font partie de la masse du Soleil, ainsi que l'annonce Arago dans sa Notice de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1852.

La Photographie, à peine entrevue au siècle dernier, commençait à prendre de sérieux développements. Le 2 avril 1845, nos éminents compatriotes Fizeau et Foucault obtenaient la première image d'un astre sur la plaque daguerrienne : c'était celle du Soleil. A partir de cette époque, les découvertes photographiques progressèrent rapidement, aussi bien en France qu'à l'étranger. Warren de la Rue et Rutherfurd tiraient de bonnes photographies de la Lune, puis du Soleil. On a pris celles des planètes et même celles de quelques nébuleuses, non sans avoir vaincu mille difficultés. Enfin M. Janssen, qui a tant fait pour la photographie astronomique, a obtenu le premier cliché d'une comète, la comète *b* ou grande comète de 1881, avec un nombre considérable de petites étoiles invisibles dans les instruments habituels. En raison du faible pouvoir actinique de la comète, la durée de la pose, même avec le gélatinobromure d'argent, a été d'une demi-heure. M. Finlay, au Cap de Bonne-Espérance, a photographié la belle comète de 1882; mais il a dû prolonger la pose jusqu'à $2^h 20^m$ pour avoir une bonne image de la queue. Tous les astres sont donc venus poser docilement devant le photographe, et l'on peut espérer que bientôt les cartes du ciel seront obtenues régulièrement par ce nouveau procédé.

Sur les indications de M. Warren de la Rue, on installait à l'Observatoire de Kew, en 1858, un *photohéliographe* qui servait à prendre des photographies journalières du Soleil. La série des images ainsi obtenues est l'histoire véridique des apparences du Soleil écrite par ses propres rayons, indé-

pendamment de toute idée préconçue. Elle ne dépend que du pouvoir actinique exercé par ses différentes parties sur la substance impressionnable. Celle-ci a déjà changé plusieurs fois, et nous n'avons pas encore le dernier mot dans l'art de la Photographie. Au bitume de Judée succédait l'iodure d'argent déposé sur la plaque daguerrienne et qui n'était guère impressionné qu'après une exposition de vingt minutes. Celui-ci était remplacé par le collodion sensibilisé au moyen des chlorure, bromure et iodure d'argent : la durée de la pose atteint encore pour le portrait une dizaine de secondes. Enfin le gélatinobromure d'argent est souvent impressionné trop vite au gré du photographe, qui ne prend jamais assez de précautions pour se garantir de la lumière diffuse : un quarante-millième de seconde ($\frac{1}{40000}$) suffit au Soleil (dans les circonstances les plus favorables) pour tracer son image!

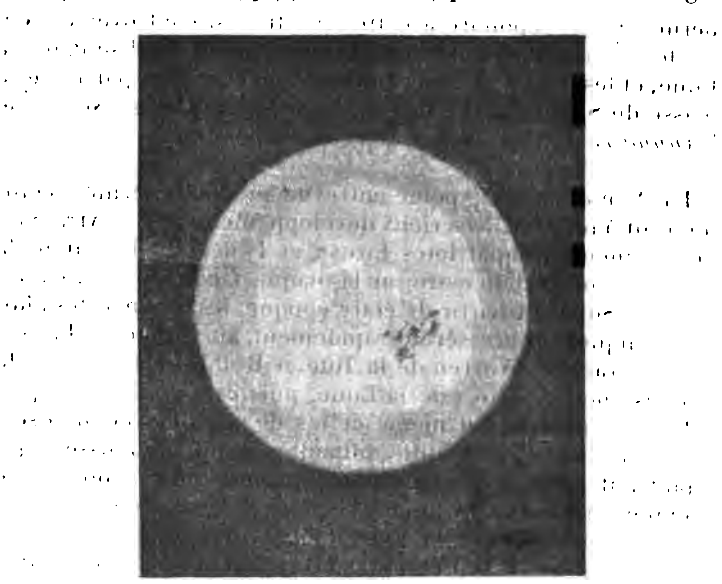


Fig. 1. — Photographie du Soleil, avec taches et facules, par M. Selvyn, en octobre 1860 (durée de la pose $0^s,01$).

De plus, on a un très grand avantage à opérer aussi vivement que possible, car le Soleil est un enfant terrible devant l'objectif du photographe : il *bouge* sans cesse et change de physionomie instantanément, *fig.* 1 ([1]).

Les taches du Soleil éprouvent des modifications assez ra-

([1]) Les figures de cet article sont tirées de l'excellent Ouvrage *le Soleil* (2e édition) du P. Secchi, 2 beaux volumes grand in-8°, avec atlas, chez Gauthier-Villars. Prix : 30fr.



... astre contribue encore à leurs renseignements ... que les anciens ...

C'est pendant ... sement pour la ... la description ... comme des ... comme de ... reposant ... Soleil ... dans l... profo... alors ... l...

... de taches solaires avec leurs variations successives, ...rd, les 19, 20, 21, 22, 23, 24 et 26 septembre 1870.

changements d'aspects. La *fig.* 2 représente les transformations d'un groupe de taches observé et photographié par

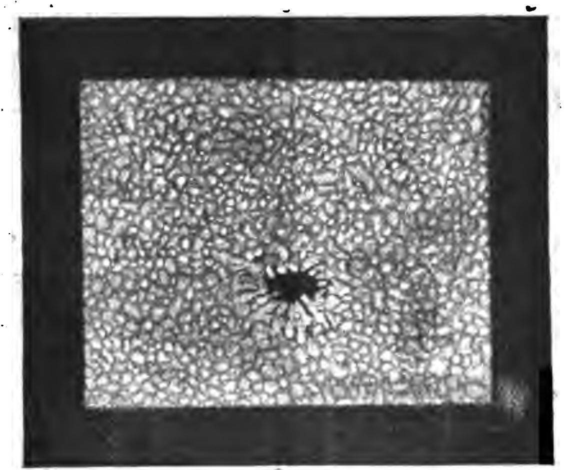


Fig. 3. — Grains de riz (observés avec un instrument à large ouverture).



Fig. 4. — Feuilles de saule de M. Nasmyth.

M. Rutherfurd les 19, 20, 21, 22, 23, 24 et 26 septembre 1870. Le premier dessin à droite et en haut représente ce groupe près du bord du Soleil; les autres donnent ses développe-

ments successifs pendant les sept jours suivants. Des dessins de MM. Langley, Nasmyth et Huggins (*fig.* 3 et 4) montrent combien l'aspect de la surface du Soleil est variable et différemment apprécié par les astronomes. (Grains de riz, feuilles de saule, etc.)

Pendant l'éclipse totale de 1857, M. Liais, notre compatriote, actuellement directeur de l'Observatoire de Rio-Janeiro, avait remarqué autour du Soleil, au moment de la totalité, non seulement les protubérances, mais encore des effluves de lumière en forme de *couronne* irrégulière. L'année suivante, on obtenait de bonnes photographies de l'éclipse totale, et en 1860 Warren de la Rue renouvelait ces heureuses expériences. Secchi et Tempel remarquaient l'aspect de la *couronne*, sur laquelle Liais avait attiré l'attention en







Fig. 5, 6 et 7. — Aspects successifs d'une protubérance observée par le P. Secchi, le 3 avril 1872, de $8^h 44^m$ à $9^h 36^m$.

1857, et ils en donnaient deux dessins fort différents. L'astronome romain posait des conclusions, dont voici le résumé :

« Autour de la partie lumineuse du Soleil habituellement visible et cachée par la Lune pendant les éclipses totales,

existe une couche irrégulière de matière gazeuse rouge ou rosée (nommée *chromosphère* par Frankland et Lockyer en 1869). De cette matière se projettent à des distances qui atteignent parfois 120 000^{km} (!) des nuages enflammés nommés *proéminences* ou *protubérances*. Ce sont des jets de matières gazeuses à une température très élevée, doués d'un éclat très vif, et dont l'aspect varie à l'infini. »

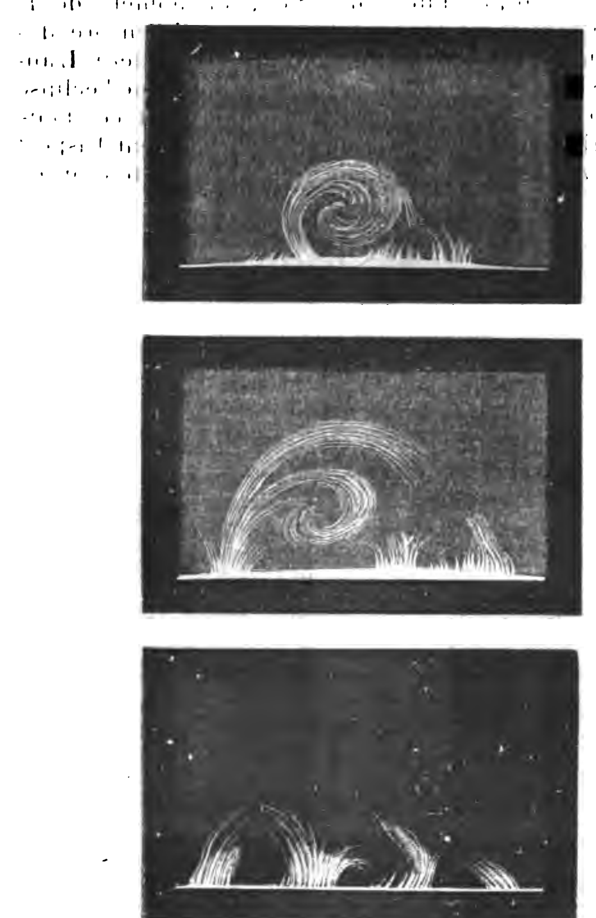


Fig. 8, 9 et 10. — Aspects successifs d'une protubérance observée par le P. Secchi, le 22 octobre 1872.

Les *fig.* 5, 6 et 7 donneront, mieux qu'aucune description, une idée exacte de la variété des formes que présentent les protubérances aux yeux des astronomes.

Dès l'année 1859, Kirchhoff avait inventé le *spectroscope,* qui allait procurer les découvertes les plus merveilleuses,

non seulement dans l'étude des flammes terrestres, mais encore dans celle des lumières émises par les différents astres. Bunsen s'associa bientôt à ces travaux qui furent ensuite repris et étendus par tous les physiciens. Le spectroscope est formé principalement d'une lunette qui amène la lumière à étudier (réduite à une ligne ou à un rectangle d'une faible épaisseur); d'un ou de plusieurs prismes réfractant et étalant cette lumière; enfin d'une autre lunette qui sert à observer les raies obtenues, comparées aux divisions d'un micromètre.

L'analyse spectrale repose sur les principes suivants, établis pour la plupart par Kirchhoff : « Les gaz sous une pression considérable, les solides et les liquides portés à l'incandescence, donnent un spectre continu, dont toutes les teintes sont fondues; ces corps, introduits dans l'arc électrique ou dans la flamme pâle et peu éclairante d'un brûleur de Bunsen, donnent des raies dont le nombre, la position et la couleur sont caractéristiques pour chaque corps. Au contraire, les gaz qui ne sont pas soumis à une forte pression donnent un spectre discontinu formé de lignes brillantes variables avec les gaz considérés. Un corps qui émet une certaine lumière a la propriété d'absorber cette même lumière émise par un autre corps. »

Kirchhoff établit ainsi que les raies sombres observées dans le spectre solaire proviennent de l'absorption exercée par les couches gazeuses extérieures sur la lumière émise par la partie centrale du Soleil, et, comme ces raies sombres correspondent aux raies brillantes du sodium, du calcium, du magnésium, du fer, du cuivre, du zinc, du nickel, du cobalt, du baryum, il en conclut que ces différents corps existent dans le Soleil où ils sont portés à l'incandescence. On a, depuis, continué ces recherches intéressantes au plus haut degré, et le nombre des éléments reconnus est au moins de vingt-deux, parmi lesquels deux métalloïdes seulement, l'hydrogène et l'oxygène. (La présence du carbone y est probable.) On a constaté aussi dans le spectre solaire la présence de plusieurs raies différentes de celles des corps terrestres; pour les expliquer, M. Frankland a supposé qu'elles appartiennent à une substance simple propre au Soleil, et qu'il a nommée *hélium*. La couronne nous offre une raie double, brillante pendant la totalité, sombre, mais très faible dans le spectre solaire, confondue pendant quelque temps avec une des nombreuses raies du fer, et située à la division 1474 Kirchhoff ou 5416,9 Angström; on pense qu'elle est due à un corps nouveau, qui, en raison de sa position, serait d'une densité probablement moindre que celle de l'hydrogène. Il y aurait donc sur le Soleil deux éléments autres que ceux qui existent dans notre globe

terrestre et, en revanche, quarante-trois corps simples ne nous donnent pas trace de visibilité dans l'astre radieux ou dans son atmosphère ; en raison de la genèse des planètes, l'identité des matériaux constituants du Soleil et de la Terre, qui en est formée, doit être absolue. Aussi l'on a essayé d'expliquer cette anomalie de plusieurs manières différentes, mais la lumière n'est pas encore faite sur cette matière ; il y a en effet de très grandes difficultés à obtenir des spectres bien purs. On a remarqué, de plus, chez certains d'entre eux, une grande variabilité avec la température, et l'on sait qu'ils changent aussi avec la pression, qui doit être formidable au centre du Soleil.

Revenons à l'éclipse asiatique du 18 août 1868, qui est une des plus célèbres dans les annales de l'Astronomie physique. La totalité devait durer 6m 47s, ce qui est très voisin du maximum ; aussi nous trouvons dans les Indes pour son observation MM. Janssen, Stephan, Tisserand, Rayet, Hatt, Weiss, Oppolzer, Vogel, Oudemans, Pogson, Tennant, Herschel, Bullock, etc. Le résultat obtenu fut à la hauteur des efforts déployés : toutes les protubérances examinées donnèrent le même spectre, formé de lignes brillantes, qui sont justement celles de l'hydrogène.

Mais ce ne fut pas tout : ces raies étaient si brillantes que M. Janssen crut pouvoir les observer en plein jour. Effectivement, il les aperçut aussitôt que le Soleil vint s'offrir à l'examen de son spectroscope, dont la fente était dirigée tangentiellement au limbe solaire dans les régions observées la veille. Il put alors les examiner à loisir et mesurer exactement leur position. Voici les conclusions posées par le savant astronome :

1° Les protubérances lumineuses observées pendant les éclipses totales appartiennent incontestablement aux régions circumsolaires.

2° Elles sont formées d'hydrogène incandescent, et ce gaz y prédomine, s'il n'en forme la composition exclusive.

3° Ces corps circumsolaires sont le siège de mouvements dont aucun phénomène terrestre ne peut donner une idée ; des amas de matière dont le volume est plusieurs centaines de fois plus grand que celui de la Terre se déplacent et changent complètement de forme dans l'espace de quelques minutes.

Coïncidence curieuse : M. Lockyer, croyant les protubérances formées de matières gazeuses, cherchait en vain depuis deux ans les raies brillantes qu'elles donnent au spectroscope. Aussitôt que les rapports des observateurs de l'éclipse de 1868 lui apprirent la position de ces raies, il les aperçut sans difficulté et en annonça la nouvelle à l'Académie des Sciences

eu cours jusqu'au commencement de ce siècle, ont passé par des phases diverses en progressant avec la Chimie.

La plus ancienne est celle de Lémery : elle repose sur une expérience ingénieuse qui lui donnait toutes les apparences de la réalité.

Si l'on place, en effet, un mélange de soufre en fleur et de limaille de fer, humecté légèrement, à une légère profondeur dans le sol, après l'avoir recouvert d'une petite couche de terre bien tassée, on remarque bientôt que le sol se boursoufle et se couvre de crevasses qui livrent passage à d'abondantes vapeurs et à des gaz sulfurés. Parfois la chaleur développée est assez grande pour amener l'incandescence du mélange qui se gonfle, se tuméfie et, faisant saillie à l'extérieur, donne l'image, en petit, d'une éruption. C'est la première application de la méthode expérimentale à la Géologie : l'essai n'était pas heureux.

Plus récemment, en 1828, la découverte du potassium et du sodium conduisit Humphry Davy à proposer une théorie plus séduisante.

En laissant tomber, goutte à goutte, de l'eau sur du potassium, il avait remarqué que cette eau était décomposée, que son oxygène se portait sur le métal, tandis que la haute température dégagée par la réaction enflammait l'hydrogène mis en liberté. En même temps, le métal oxydé se relevait autour du point que venaient frapper les gouttelettes et se creusait d'un petit cratère dans lequel se manifestait bientôt une vive déflagration. Enfin le monticule qui se formait ainsi prenait la forme d'une montagne ignivome et offrait, en miniature, l'image d'une éruption. Bien plus, cette expérience semblait ainsi expliquer l'origine des roches volcaniques, dans la composition desquelles il entre toujours de la potasse, de la soude ou de la chaux.

L'hypothèse de Davy fut d'abord acceptée sans réserve; mais de graves objections lui furent bientôt opposées. Sans parler de la faible proportion d'hydrogène reconnue dans les émanations volcaniques, qui n'est nullement en rapport avec l'énorme quantité de ce gaz qu'exige cette théorie, on a calculé que, pour amener à l'état de fusion et pour élever dans la cheminée la moindre des coulées de l'Etna, il fallait admettre l'existence sous la montagne d'une masse de 7 millions de mètres cubes de ce métal alcalin. L'invraisemblance de cette hypothèse étant démontrée, le volcan en miniature de Davy est resté à l'état de curiosité scientifique, et avec lui sont tombés tous les essais tentés pour expliquer les phénomènes volcaniques à l'aide d'actions chimiques.

L'exploration réelle des volcans, et surtout l'application des procédés scientifiques à leur étude, est de date récente : c'est

à peine si l'on pourrait la faire remonter au delà des voyages de Breislak en Hongrie ou de Humboldt aux régions équinoxiales. Jusqu'alors on s'était contenté, en plus des explications hypothétiques que je viens d'exposer, de la description naturelle des volcans et de la narration des phénomènes étonnants produits. En somme, on ne les avait observés qu'avec inquiétude et de loin, en raison des difficultés et des dangers de leur approche. C'est seulement au commencement de ce siècle que des connaissances sérieuses ont été acquises, parce qu'on a appliqué à leur examen les ressources de la Physique et de la Chimie, qui étaient alors en pleine voie de progrès; les grands noms de Boussingault, d'Abich, de Bunsen, de Charles Sainte-Claire Deville sont alors attachés à ces belles études. Ce sont ces savants qui, les premiers, ont transporté les appareils du chimiste sur les sommets des principaux centres éruptifs. Plus récemment M. Fouqué, élève et successeur de Charles Sainte-Claire Deville dans la chaire du Collège de France, armé des mêmes moyens, s'est consacré à l'exploration des principaux massifs volcaniques actuels (l'Etna, le Vésuve, Santorin, les Açores), les attaquant avec une rare énergie, en pleine période d'activité, afin de surprendre leurs secrets et d'en tirer les lois qui régissent les éruptions.

Après de pareils travaux, où tant de savoir et de peines ont été dépensés, l'histoire des volcans est maintenant bien connue. Notre illustre et savant Doyen, qui préside avec tant de soin à l'organisation de ces réunions, a pensé que le moment était venu d'exposer devant vous le résultat de ces belles et savantes recherches. Il a bien voulu me confier cette mission; c'est une lourde tâche dont je sens tout le poids : je l'ai acceptée cependant sans réserve, parce que j'espère être soutenu, d'une part, par la grandeur du sujet et de l'autre par votre bienveillante attention.

§ 1.

Un volcan, dans sa période d'activité, doit être considéré comme offrant tout le cortège des phénomènes qui signalent le déploiement des forces souterraines. Dans le cas ordinaire rien n'y manque, en effet, de ce qui caractérise ces sortes de manifestations. Des actions chimiques énergiques et variées, des effets mécaniques puissants s'y réunissent et semblent coopérer à l'envi pour produire un travail gigantesque qui est à la fois une œuvre de destruction et d'édification.

Au début des phénomènes, le sol tremble; des secousses, des bondissements du sol se succèdent à de courts intervalles et jettent la terreur dans le district menacé. Tout à coup une explosion formidable se produit; la montagne est ébranlée jusque dans ses fondements, et de son sommet entr'ouvert

être sous forme de poussière et de brouillard, qui nous renvoie la lumière solaire par réflexion.

Quant aux banderoles (*fig.* 11 et 12), gigantesques appendices de la couronne (1), de formes si variables, assez analogues aux queues des comètes, on ne sait comment les expliquer. Sont-ce des dépendances de la couronne ou des essaims de météorites rendus brillants? La structure si variable de cette couronne dépend-elle de la fréquence des taches, comme on l'a cru

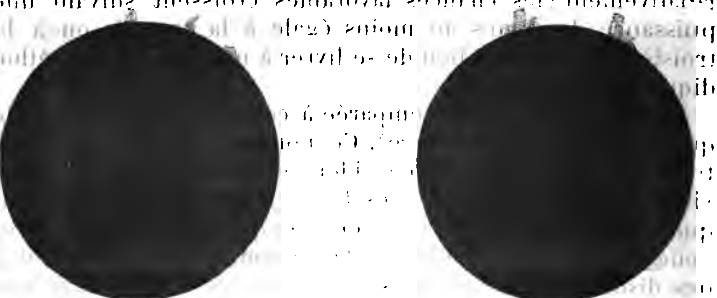


Fig. 14, 15 et 16. — L'éclipse totale du 8 juillet 1842, d'après Baily, Airy, Arago, Struve et Schidlofscky.

et comme on a espéré le vérifier en 1882? Les apparences si diverses (*fig.* 12, 13, 14, 15 et 16) proviennent-elles simplement d'une divergence d'estime ou d'un changement instantané dans la constitution du Soleil (les dessins ne sont pas

(1) Certaines ont parfois plus de 1 500 000 kilomètres.

toujours pris au même instant ou dans les mêmes conditions instrumentales et atmosphériques)?

Une série complète de photographies répondrait peut-être à cette question, si l'on n'objectait les différences de pouvoir actinique des régions considérées.

On ignore si la lumière zodiacale, auréole lumineuse de forme lenticulaire, qui entoure le Soleil avant l'aurore et après le crépuscule (visible en septembre et en octobre le matin, en mars et avril le soir), a des rapports bien définis avec la constitution du Soleil.

La question de l'atmosphère de la Lune a été souvent agitée. MM. Thollon et Trépied (qui en avaient peut-être une idée préconçue) ont cru entrevoir son pouvoir absorbant pendant l'éclipse de 1882 (1).

La planète Vulcain, nécessaire à l'analyse de Le Verrier pour expliquer le mouvement du périhélie de Mercure, existe-t-elle bien réellement en tant que masse planétaire sphéroïdale, ou n'est-elle pas plutôt un amas de corpuscules peut-être analogue à l'anneau de Saturne? La seconde hypothèse paraît la plus probable. On s'expliquerait difficilement que des astronomes aussi éminents que le P. Secchi, Carrington, Dawes, Janssen, Spörer, Young, Zöllner et tant d'autres aient, dans leurs recherches suivies, laissé passer, sans l'apercevoir ou sans la mentionner, une tache ronde dont le retour sur le Soleil doit avoir lieu assez fréquemment. La meilleure occasion de l'observer nous est offerte pendant les éclipses totales, et, celle du 6 mai étant d'une longue durée relativement (les chances favorables croissent suivant une puissance du temps au moins égale à la seconde ou à la troisième), il y avait lieu de se livrer à une recherche méthodique de cette planète.

La densité du Soleil, comparée à celle de l'eau, est 1,4 (le quart de celle de la Terre). Ce nombre, qui se rapporte à toute la masse du Soleil, considéré comme réduit à sa partie visible (noyau renfermé dans la photosphère), appelle quelques remarques. Nous savons en effet qu'il existe deux autres couches, la chromosphère et la couronne, qui s'étendent à des distances considérables. Bien que formées de gaz très raréfiés à la partie extérieure et même très légers, puisque l'on suppose la raie 1474 Kirchhoff produite par un corps nouveau plus subtil que l'hydrogène, leur masse n'est certainement pas négligeable. Si l'on en tient compte, la densité

(1) M. Thollon, qui a inventé un spectroscope très puissant et l'a appliqué à l'étude du Soleil, dressé une carte nouvelle et très complète du spectre solaire; on pourra, en la comparant aux spectres futurs, reconnaître et apprécier les variations qui se produiraient.

diminuée choque moins nos idées relativement à cette conception de masses gazeuses sous des pressions excessives à la vérité, mais plus lourdes que l'eau et sous un état physique difficile à concevoir. Les observations prochaines permettront peut-être des conjectures positives sur la densité décroissante des couches successives du Soleil.

Telles sont quelques-unes des questions qui s'imposent le plus à l'attention publique : les astronomes en comptent beaucoup d'autres présentant les plus grandes difficultés, et la remarque d'Arago, qu'*il n'y a rien de si obscur que la constitution du Soleil,* est encore à peu près vraie aujourd'hui.

En présence de tels problèmes, à la fois nombreux et intéressants, on conçoit le zèle si louable de nos missionnaires français et en particulier celui de leur éminent chef, M. Janssen, qui a déjà tant fait pour la Science et pour cette partie de la Science qui a rapport au Soleil. Le beau temps les a favorisés dans leur expédition en Océanie ([1]) et la moisson de découvertes a été proportionnée à la longue durée du phénomène ([2]). La Science a fait encore des progrès dans cette noble campagne scientifique où brille l'honneur de notre belle patrie.

Mort de M. Louis Breguet.

L'Association scientifique vient de faire une nouvelle perte douloureuse en la personne de M. Breguet, membre de l'Institut et de notre Conseil administratif.

Nous avons enregistré il y a quelques mois le décès de son fils, M. Antoine Breguet, et de son neveu, M. Niaudet, qui l'un et l'autre appartenaient à notre compagnie; et aujourd'hui, ce nom, longtemps célèbre, n'est représenté que par des enfants en bas âge.

M. Louis Breguet, petit-fils d'Abraham Breguet, l'ancien académicien, était né à Paris en 1808. Il entra à l'Académie des Sciences en 1874. On lui doit un Traité de Télégraphie fort estimé. Il est mort subitement dans la nuit du 26 au 27 octobre. C'était un habile constructeur d'instruments de précision, un savant distingué et un excellent confrère.

([1]) La mission française, qui s'était installée à l'île Caroline, se composait de MM. Janssen, directeur; Trouvelot, astronome; Pasteur, photographe, et un aide, auxquels se sont joints MM. Tacchini et Palisa.

([2]) Voir dans le *Bulletin* 181, p. 352, le Rapport de M. Janssen.

Le Gérant : E. COTTIN,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE
RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.
Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

25 NOVEMBRE 1883. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 191.

CONFÉRENCE SUR LES VOLCANS,

FAITE A L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE,

Par M. CH. VÉLAIN, docteur ès sciences naturelles,
Maître de conférences à la Sorbonne.

Les volcans, comme tous les grands phénomènes naturels qui se présentent avec une imposante beauté et une puissance invincible, ont attiré de tous temps l'attention et agi puissamment sur l'imagination de l'homme. Aussi, dans l'antiquité, on les a bien vite introduits dans le cercle des traditions mythologiques; on contemplait à une distance respectueuse, avec une sorte de terreur superstitieuse, les phénomènes grandioses qui se passaient à la cime de l'Etna, le seul volcan que l'on connût alors, et dont le cratère semblait être la porte du monde souterrain, l'entrée du domaine de Pluton. N'est-ce pas là encore une conception ingénieuse, que celle de Vulcain, établissant son atelier au sein de la montagne et faisant jaillir autour de sa forge de brillantes étincelles, lorsqu'il travaillait aux foudres de Jupiter ?

En Géologie, on n'a pu, pendant bien longtemps, s'arracher aux seules impressions de l'imagination, et l'explication des volcans a suivi les variations de ces systèmes scientifiques qu'on décorait pompeusement du nom de *Théories de la Terre,* sans s'appuyer sur un ensemble de faits bien observés.

C'est de la sorte qu'on a considéré, tout d'abord, l'activité des volcans comme la conséquence d'un incendie grandiose, soit de bancs de houille, sorte de substances combustibles (lignites ou bitume) enfouies souterrainement. Cette explication ne pouvait évidemment convenir qu'à des géologues qui n'avaient jamais éprouvé les impressions puissantes d'une éruption vue de près, et qui ne connaissaient les volcans que par ouï-dire, sans les avoir observés dans leur période d'activité. D'autres sont venus, qui n'ont voulu voir dans ces appareils que des foyers chimiques isolés. Ces théories, qui ont

eu cours jusqu'au commencement de ce siècle, ont passé par des phases diverses en progressant avec la Chimie.

La plus ancienne est celle de Lémery : elle repose sur une expérience ingénieuse qui lui donnait toutes les apparences de la réalité.

Si l'on place, en effet, un mélange de soufre en fleur et de limaille de fer, humecté légèrement, à une légère profondeur dans le sol, après l'avoir recouvert d'une petite couche de terre bien tassée, on remarque bientôt que le sol se boursoufle et se couvre de crevasses qui livrent passage à d'abondantes vapeurs et à des gaz sulfurés. Parfois la chaleur développée est assez grande pour amener l'incandescence du mélange qui se gonfle, se tuméfie et, faisant saillie à l'extérieur, donne l'image, en petit, d'une éruption. C'est la première application de la méthode expérimentale à la Géologie : l'essai n'était pas heureux.

Plus récemment, en 1828, la découverte du potassium et du sodium conduisit Humphry Davy à proposer une théorie plus séduisante.

En laissant tomber, goutte à goutte, de l'eau sur du potassium, il avait remarqué que cette eau était décomposée, que son oxygène se portait sur le métal, tandis que la haute température dégagée par la réaction enflammait l'hydrogène mis en liberté. En même temps, le métal oxydé se relevait autour du point que venaient frapper les gouttelettes et se creusait d'un petit cratère dans lequel se manifestait bientôt une vive déflagration. Enfin le monticule qui se formait ainsi prenait la forme d'une montagne ignivome et offrait, en miniature, l'image d'une éruption. Bien plus, cette expérience semblait ainsi expliquer l'origine des roches volcaniques, dans la composition desquelles il entre toujours de la potasse, de la soude ou de la chaux.

L'hypothèse de Davy fut d'abord acceptée sans réserve; mais de graves objections lui furent bientôt opposées. Sans parler de la faible proportion d'hydrogène reconnue dans les émanations volcaniques, qui n'est nullement en rapport avec l'énorme quantité de ce gaz qu'exige cette théorie, on a calculé que, pour amener à l'état de fusion et pour élever dans la cheminée la moindre des coulées de l'Etna, il fallait admettre l'existence sous la montagne d'une masse de 7 millions de mètres cubes de ce métal alcalin. L'invraisemblance de cette hypothèse étant démontrée, le volcan en miniature de Davy est resté à l'état de curiosité scientifique, et avec lui sont tombés tous les essais tentés pour expliquer les phénomènes volcaniques à l'aide d'actions chimiques.

L'exploration réelle des volcans, et surtout l'application des procédés scientifiques à leur étude, est de date récente : c'est

à peine si l'on pourrait la faire remonter au delà des voyages de Breislak en Hongrie ou de Humboldt aux régions équinoxiales. Jusqu'alors on s'était contenté, en plus des explications hypothétiques que je viens d'exposer, de la description naturelle des volcans et de la narration des phénomènes étonnants produits. En somme, on ne les avait observés qu'avec inquiétude et de loin, en raison des difficultés et des dangers de leur approche. C'est seulement au commencement de ce siècle que des connaissances sérieuses ont été acquises, parce qu'on a appliqué à leur examen les ressources de la Physique et de la Chimie, qui étaient alors en pleine voie de progrès; les grands noms de Boussingault, d'Abich, de Bunsen, de Charles Sainte-Claire Deville sont alors attachés à ces belles études. Ce sont ces savants qui, les premiers, ont transporté les appareils du chimiste sur les sommets des principaux centres éruptifs. Plus récemment M. Fouqué, élève et successeur de Charles Sainte-Claire Deville dans la chaire du Collège de France, armé des mêmes moyens, s'est consacré à l'exploration des principaux massifs volcaniques actuels (l'Etna, le Vésuve, Santorin, les Açores), les attaquant avec une rare énergie, en pleine période d'activité, afin de surprendre leurs secrets et d'en tirer les lois qui régissent les éruptions.

Après de pareils travaux, où tant de savoir et de peines ont été dépensés, l'histoire des volcans est maintenant bien connue. Notre illustre et savant Doyen, qui préside avec tant de soin à l'organisation de ces réunions, a pensé que le moment était venu d'exposer devant vous le résultat de ces belles et savantes recherches. Il a bien voulu me confier cette mission; c'est une lourde tâche dont je sens tout le poids : je l'ai acceptée cependant sans réserve, parce que j'espère être soutenu, d'une part, par la grandeur du sujet et de l'autre par votre bienveillante attention.

§ 1.

Un volcan, dans sa période d'activité, doit être considéré comme offrant tout le cortège des phénomènes qui signalent le déploiement des forces souterraines. Dans le cas ordinaire rien n'y manque, en effet, de ce qui caractérise ces sortes de manifestations. Des actions chimiques énergiques et variées, des effets mécaniques puissants s'y réunissent et semblent coopérer à l'envi pour produire un travail gigantesque qui est à la fois une œuvre de destruction et d'édification.

Au début des phénomènes, le sol tremble; des secousses, des bondissements du sol se succèdent à de courts intervalles et jettent la terreur dans le district menacé. Tout à coup une explosion formidable se produit; la montagne est ébranlée jusque dans ses fondements, et de son sommet entr'ouvert

s'échappent, avec fracas, des torrents de vapeurs et de scories incandescentes.

Ces projections se multiplient, et bientôt la fumée et les cendres forment dans les airs des nuages épais qui s'amoncellent au-dessus du cratère et plongent toute la région dans les ténèbres. Des traits de foudre les sillonnent, des roulements de tonnerre viennent se mêler aux mugissements du volcan dont les flancs, maintenant entr'ouverts, laissent échapper des jets brûlants de laves incandescentes, qui se précipitent en cascades sur les pentes et se déroulent, au pied de la montagne, en longs rubans de feu.

Telle est, Messieurs, la description classique d'une éruption, tout le monde l'a reconnue pour l'avoir lue maintes fois, soit dans les ouvrages qui traitent de ces questions, soit dans les récits des voyageurs qui ont assisté à ces spectacles émouvants.

Mais il n'en est pas toujours ainsi : tous les volcans ne présentent pas, dans leurs phases d'activité, ces phénomènes paroxysmaux ; ce fleuve de feu, par exemple, ces coulées de lave, si souvent décrites comme constituant le phénomène le plus constant et par conséquent le plus caractéristique de l'éruption, n'apparaissent que dans certaines conditions qui ne sont pas réalisées dans tous les volcans. Il en est qui n'ont jamais fourni de laves, d'autres point de projections. Cette montagne régulièrement conique, longtemps considérée comme la forme habituelle et typique des édifices volcaniques, manque elle-même souvent. Il est, par exemple, des volcans qui se présentent à ras du sol, sans qu'aucune dénivellation ne fasse pressentir leur approche.

Pris dans leur ensemble, les volcans doivent être considérés comme des appareils naturels mettant en communication directe, d'une façon temporaire ou permanente, les profondeurs du globe avec la surface. Ils sont caractérisés par les deux faits suivants :

1° Par la production, sous l'influence d'actions mécaniques, que nous déterminerons plus loin, d'une fracture sensiblement rectiligne, traversant l'écorce terrestre et établissant la communication en question.

2° Par l'arrivée au jour, au travers de cette fracture, des matières en fusion contenues souterrainement.

Ces matières se présentent ainsi sous les trois états, *solide*, *liquide* et *gazeux*. A l'état solide, ce sont les *projections;* à l'état liquide, les *laves*; à l'état gazeux, la vapeur d'eau et les *émanations volatiles* qui jouent un si grand rôle dans les éruptions.

Ces trois sortes de produits peuvent apparaître isolément. Le plus souvent ils s'associent et, suivant les conditions dans

lesquels ils se présentent aux orifices de sortie, suivant la prédominance de l'un ou de l'autre, le mode éruptif varie, et les appareils volcaniques, c'est-à-dire les appareils construits sous leur action, sont très différents.

Plusieurs cas sont à considérer : les produits gazeux, par exemple, peuvent se manifester seuls; s'ils sont abondants, la fracture originelle ne suffit pas; en raison de la pression énorme exercée par ces gaz comprimés, elle s'étoile au point de concentration maximum de l'effort; il se produit alors, au centre de l'étoilement, un vaste orifice circulaire, un *cratère* pour employer l'expression consacrée, par suite de la projection des parties du sol entamé sous ce choc violent.

Cratères-lacs. — C'est là l'origine de ces cavités circulaires, maintenant occupées par des eaux douces, qui forment dans certaines régions ces lacs pittoresques connus sous le nom de *cratères-lacs.* Le célèbre lac Pavin (*fig.* 1), en Auvergne, le

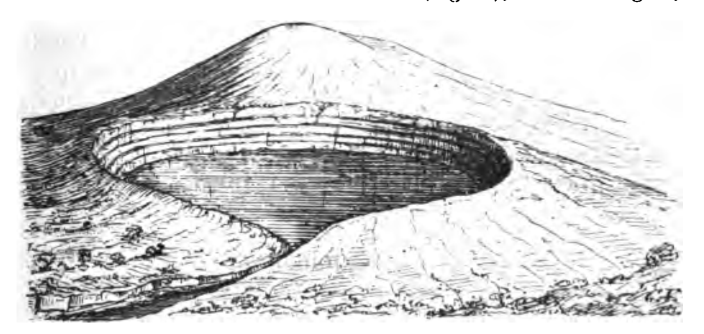


Fig. 1. — Le lac Pavin, au pied du mont Chalme, en Auvergne.

Gour de Tazenat, près de Manzat, entaillés l'un dans la lave basaltique, l'autre dans le granite, en sont de bons exemples. Ces gouffres lacustres sont surtout nombreux et célèbres dans l'Eifel (Prusse rhénane) où on leur a donné le nom, bien significatif, de *Maare* (gouffre d'eau). Ils sont là établis sur des schistes et des calcaires d'âge dévonien. Quelques-uns atteignent des dimensions considérables avec une profondeur de plus de 200^{m} : tels sont les lacs de Gillenferd (Pulvermaar) et de Laach, qui occupent chacun une surface de près de 9^{km}. A Nossi-bé, près de Madagascar, ces cratères-lacs (*fig.* 2), disposés par groupes autour des cônes volcaniques qui se dressent dans les parties centrales de l'île, se signalent par l'extrême régularité de leur forme circulaire. Les indigènes leur donnent le nom de *Tané-Lastak*, qui veut dire *montagne tombée dans un trou.* Occupés maintenant par des eaux limpides, d'un bleu d'azur, où s'agitent des milliers de poissons aux vives couleurs, ils constituent là de véritables aquariums naturels, qui peuvent compter comme une des merveilles de l'île.

L'origine volcanique de ces cavités singulières, entaillées ainsi, comme à l'emporte-pièce, dans un sol resté horizontal, a été longtemps méconnue; on les attribuait à des effondre-

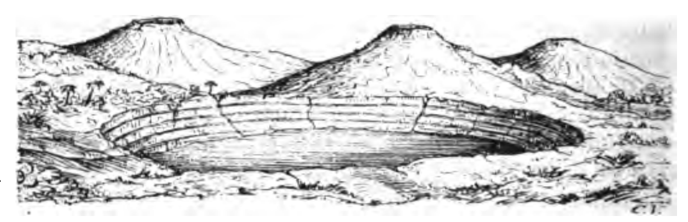


Fig. 2. — Le lac d'Ampombilava, à Nossi-bé (cratère-lac).

ments. On sait maintenant que ce sont là des *cratères d'explosion*, dont la formation, comparable à un coup de mine, doit être rapportée, comme nous venons de le dire, à l'expansion subite de masses gazeuses momentanément comprimées.

D'autres fois ces explosions, au lieu de préluder à l'activité volcanique, y ont en quelque sorte mis fin. C'est ainsi que des édifices volcaniques élevés, que des massifs montagneux entiers ont disparu, enlevés dans les airs par le fait d'une explosion et se sont trouvés remplacés par des gouffres profonds.

Les îles de la Sonde ont été souvent le théâtre de pareils faits. En 1815, à Sumatra, le Temboro (*fig.* 3), qui jusque-là se dres-



Fig. 3. — Cercle d'éruption de cendres du Temboro.

sait comme un phare, éclairant la mer sur une étendue considérable, a sauté en l'air, perdant d'un seul coup 1600^{m} de sa hauteur. Sous ces débris, dont la masse a été évaluée à 1400^{kmc}, soit trois fois le volume du mont Blanc, la ville de Temboro, située au pied du volcan, a été ensevelie et 12000 personnes ont péri. L'île de Bornéo, située à 140^{km} au nord du siège de l'éruption, fut entièrement couverte par les cendres, qui

occasionnèrent un immense désastre. L'imagination populaire fut tellement frappée par ce grand cataclysme que maintenant on compte les années à dater de « la grande chute des cendres ».

Mais fort heureusement ces grandes explosions sont rares; le plus souvent c'est le sommet seul de l'édifice volcanique qui est emporté et la montagne reste tronquée. Ce fait s'est présenté à l'île Amsterdam, dans l'océan Indien; il a mis fin à une longue période d'activité qui avait fait surgir du sein d'un océan profond, à plus de 500 lieues de toute espèce de terre, un massif volcanique élevé.

Ce cratère d'explosion, auquel je suis heureux d'avoir pu laisser le nom de mon savant et vénéré maître M. Hébert, se signale par son étendue et sa profondeur énorme ; il se présente tout d'un coup, au milieu d'un vaste plateau basaltique, à la manière d'un gouffre béant, dont on ne peut distinguer le fond.

Lacs de feu. — Les phénomènes ne se limitent pas toujours à cette seule explosion. Le plus souvent des laves, sollicitées par des actions que nous examinerons plus loin, apparaissent et viennent remplir la cavité.

Si ces laves sont très fluides et surtout si elles ne sont accompagnées que par de faibles dégagements de gaz, leur mouvement d'ascension est lent, elles atteignent dans le cratère un niveau plus ou moins élevé, où elles se maintiennent à l'état de fusion ignée. C'est de la sorte que s'établissent ces volcans en activité continue, ces *lacs de feu*, dont le Stromboli (*fig.* 4) est l'exemple le plus connu et le plus rapproché de nous.

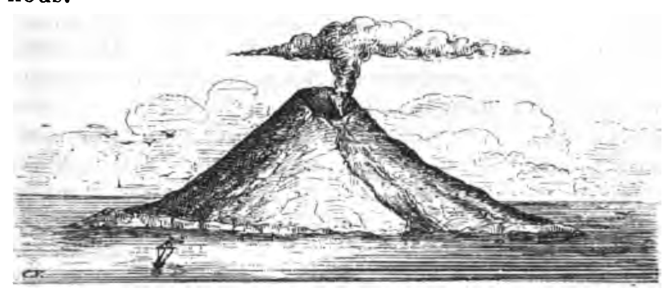


Fig. 4. — Le Stromboli. (Vue prise à bord de l'Amazone, en août 1874).

Ce volcan remarquable, qui fait partie des îles Lipari dans la Méditerranée, possède un peu au-dessus de sa cime, qui se dresse à près de 1000^m de haut, un large cratère où, de mémoire d'homme, la lave n'a jamais cessé de bouillonner.

Des observateurs ont pu, dans des circonstances exceptionnellement favorables, s'approcher de cet abîme et con-

stater que cette lave, dont l'éclat, même en plein jour, approche celui de la chaleur blanche, est soumise à de lentes et périodiques oscillations qui parfois sont assez fortes pour l'amener à se déverser par-dessus les bords du cratère, en donnant lieu à de petites coulées, qui descendent jusqu'à la mer.

C'est là un mode d'activité tout à fait exceptionnel, qui exige une communication constante et bien ouverte entre le foyer intérieur et l'atmosphère.

Le Mauna-loa (*fig.* 5), dans l'île Havaï (archipel des Sand-

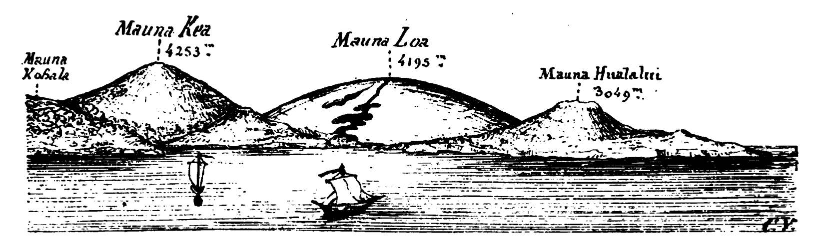


Fig. 5. — Côte ouest de l'île Havaï, vue par le travers de la baie Kawaïhae.

wich), donne un exemple encore plus étonnant de ces lacs permanents de lave bouillante.

Sur les flancs de cette immense montagne, haute de 4200m, qui se signale par sa forme en dôme aplati, résultant d'une longue et progressive accumulation de coulées de lave, issues de son cratère terminal, le Mokua-Weo-Weo, s'ouvre, à une hauteur de 1200m au-dessus du niveau de la mer, un énorme cratère qui mesure 4900m de grand axe et 12km de tour.

On se fera une idée de la dimension de cet abîme effroyable en songeant qu'une grande ville comme New-York y tiendrait tout entière et qu'on l'apercevrait à peine, avec ses tours et ses cathédrales, dans le fond.

C'est là le plus considérable et le plus intéressant des volcans actuels. Pendant le jour, du sommet de cette immense chaudière, car c'est bien le nom qui convient à un pareil abîme, on distingue dans le fond une vive lueur, éclairant d'un reflet sinistre les roches noires calcinées qui l'entourent. La nuit, ce spectacle devient merveilleux : la lave incandescente illumine toute l'étendue du cratère et jette, sur le ciel, une lumière si vive qu'il paraît en feu.

Cumulo-volcans. — Mais les laves ne sont pas toujours aussi fluides : il en est de visqueuses, qui sont tenaces, plus résistantes et qui se refroidissent brusquement, aussitôt leur exposition à l'air. De pareilles laves ne se présentent plus, aux orifices de sortie, à l'état d'incandescence, comme celles du Kilauea : elles figurent un entassement de blocs éboulés,

et leur progression donne l'image d'une montagne de coke qui s'écoule. Les édifices construits de la sorte sont alors tout différents du précédent; plus d'indication de cratère, plus de cavité centrale, rien qu'une masse, en quelque sorte homogène, avec des pentes rapides, formée uniquement de blocs scoriacés, empilés en désordre les uns au-dessus des autres.

C'est de la sorte que s'est produit, en 1866, à Santorin, *le Giorgios* (*fig.* 6) ([1]); M. Fouqué, qui a pu assister à cette

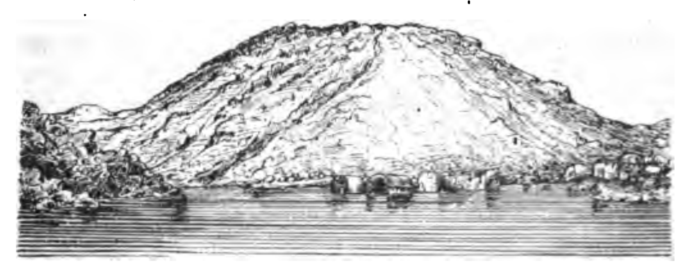


Fig. 6. — Le Giorgios (cumulo-volcan), vu sur son versant oriental, en septembre 1875 (d'après M. Fouqué).

éruption et en suivre toutes les phases, a donné le nom, bien significatif, de *cumulo-volcan* aux édifices, si particuliers, établis par ces laves visqueuses.

Peu d'éruptions ont été étudiées avec autant de soin; les débuts surtout ont été suivis avec la plus grande attention. Je vous demande donc de nous y arrêter un instant.

Le groupe des îles de Santorin, qui fait partie des Cyclades dans l'Archipel grec, se compose de deux îles d'inégale grandeur, *Théra* et *Thérasia,* et d'un îlot, *Aspronisi,* groupés circulairement autour d'une vaste baie. Trois îlots, les Kaménis, placés au centre de la baie, complètent cet ensemble.

Cet archipel est en majeure partie formé d'éléments volcaniques. Les îles en ceinture représentent un type de *cratère d'explosion.* Une explosion formidable, suivie d'un effondrement, puis de projections de ponces, a creusé la baie. Les éruptions qui se sont faites ensuite ont fait surgir les Kaménis.

Au commencement de février 1866, après des phénomènes précurseurs, secousses et trépidations du sol, mouvements tumultueux de la mer, on vit apparaître, au-dessus des eaux, dans le sud-ouest de Nea-Kaméni, un récif allongé, dont les dimensions croissaient à vue d'œil; il était formé de blocs de lave, noirs, incohérents, qui s'élevaient les uns au-dessus des autres, entraînant avec eux des débris de fond de mer, tels

([1]) Le roi Georges était alors le nouveau souverain de la Grèce. On assure que le roi, peu content de ce choix, aurait dit alors que son rôle de roi constitutionnel lui interdisait d'être le parrain d'un volcan.

que des coquillages brisés, des galets, des parties de navires depuis longtemps submergés.

L'accroissement de l'îlot se fit ainsi sans secousses, sans projection, silencieusement, avec une telle rapidité qu'on l'a comparé au développement d'une bulle de savon ([1]). Il s'opérait du dedans en dehors, comme par un mouvement d'expansion; les blocs semblaient partir du centre de la surface et progresser de là vers la périphérie; on avait peine à suivre du regard la marche de tous ces blocs pierreux et leurs déplacements incessants. On ne distinguait point de traces de feu, ni de flammes; de toute la surface s'élevait une épaisse vapeur blanche, qui n'était pas suffocante, même quand on la respirait de près. Les roches elles-mêmes n'étaient très chaudes que par place; aussi quelques-uns des Santoriniotes, que ce spectacle avait attirés, purent gravir à diverses reprises ce monticule mouvant. Ils constatèrent qu'il ne possédait aucun cratère; sur le sommet, se voyait un entassement confus de gros blocs grisâtres, et, en plein jour, aucun signe d'incandescence; mais la nuit ce sommet paraissait tout en feu et les vapeurs qui en émanaient étaient éclairées d'une vive lueur, par le reflet des roches portées à la chaleur rouge.

C'est encore dans cet état que M. Fouqué trouva le Giorgios quand il en fit l'ascension, au mois de mars de la même année. Le monticule avait alors 50^m de haut, sur 350^m de large.

C'est seulement en avril, après une période d'activité pendant laquelle l'accroissement du nouvel îlot se fit d'une façon lente et régulière, qu'un cratère s'établit au sommet, à la suite de violentes explosions et que des laves apparurent formant de grandes coulées qui se déversèrent dans le sud.

A partir de ce moment, le Giorgios entra dans une phase d'activité nouvelle et perdit son apparence rocheuse; les inégalités de sa surface disparurent sous un manteau de cendres et de scories, et l'îlot surélevé prit alors cette forme régulièrement conique, qui devient le trait caractéristique des *volcans à projections*.

C'est, en effet, quand des matériaux solides, quand des fragments de laves fluides sont projetés dans les airs par la violence des explosions, que s'établissent, autour de l'orifice de décharge, ces accumulations de débris qui donnent lieu aux *cônes volcaniques*.

Cônes de débris. — Les premières projections consistent presque entièrement en fragments de roches solides arrachés aux parois de la cheminée, qui se rompent sous la pression des gaz et volent en éclats avec les produits de l'éruption.

La dimension de ces blocs projetés est souvent considérable.

([1]) FOUQUÉ, *Santorin et ses éruptions*, p. 42.

Ceux que rejette à chaque éruption le volcan, en activité continue, qui désole toute la partie sud-est de l'île de la Réunion, peuvent atteindre de 10^{mc} à 12^{mc}. On en connaît qui, pesant plus de 200 tonnes, ont été lancés en l'air à plusieurs centaines de mètres de haut par les grands volcans de la Cordillère occidentale. En 1533, le *Cotopaxi* des Andes de Quito, qui se signale entre tous par la violence de ses projections, a recouvert la



Fig. 7. — Blocs projetés sur les hauts-plateaux de l'île Amsterdam par l'explosion qui a présidé à la formation du grand cratère du sommet.

plaine environnante, dans un rayon de 25^{km}, par d'énormes fragments de rochers dont plusieurs avaient plus de 2^{m} de diamètre, provenant de la destruction partielle de la haute montagne sur laquelle il se dresse à plus de 6000^{m}.

Ces violentes projections, qui marquent ainsi le début de l'éruption, sont de courte durée; une fois la communication établie, lorsque la lave atteint dans la cheminée un niveau suffisamment élevé, les explosions, produites par l'expansion des gaz contenus dans la masse en fusion, projettent en l'air des jets de cette matière liquide et incandescente, avec les écumes scoriacées qui la recouvrent.

La cheminée du volcan peut alors être considérée comme une mine en charge continue. Ces jets de lave incandescente

et ces produits fragmentaires, lancés verticalement, s'élèvent à une grande hauteur. Rapidement solidifiés dans leur course aérienne, par suite de leur brusque refroidissement, ils retombent, en averse, autour de l'orifice de sortie, à des distances plus ou moins grandes, suivant leurs dimensions.

Les *cendres*, par exemple, qui représentent la lave dans son plus grand état de division, enlevées par les vents, sous la forme de longues traînées obscures ou de nuages épais, peuvent être transportées à des distances considérables. Celles du Vésuve et de l'Etna ont été portées ainsi, à diverses reprises, sur la côte africaine. En 1875, celles du *Skaptar-Jöckul*, en Islande, se sont étendues sur toute la Scandinavie, après avoir franchi une distance de 1900^{km}.

Lorsque les lambeaux de lave ainsi rejetés sont animés, dans leur course aérienne, d'un mouvement gyratoire, ils prennent des formes globuleuses ou piriformes qu'ils conservent après leur chute et donnent naissance à ces *bombes volcaniques* qui portent encore, souvent, le nom bien significatif de *larmes du volcan*.

Ces bombes sont, en effet, la marque caractéristique du volcan; à ce seul indice, alors que tout autre fait défaut, on peut reconnaître l'emplacement d'une éruption faite à une époque reculée. C'est ainsi qu'en Auvergne, où elles sont nombreuses dans la chaîne des Puys, ces projections témoignent de l'ancienne activité de tous ces cratères aujourd'hui éteints.

Leur volume varie, en moyenne, de celui d'une noisette à celui du poing. A Santorin, celles rejetées en 1866 par le *Giorgios*, pendant toute la durée des violentes explosions qui ont précédé l'établissement du grand cratère, d'où sont sorties les coulées d'avril et de mai, ont atteint plusieurs mètres cubes (1).

Dans ces mêmes conditions, sous l'influence des dégagements gazeux, les laves douées d'une grande fluidité s'élèvent en longs filaments déliés, soyeux et nacrés, offrant tout à fait l'aspect du verre filé, et si fins qu'ils flottent longtemps dans l'air avant leur chute. A l'île Hawaï, ces filaments, enlevés journellement, par les vents, de la surface du célèbre lac de feu du Kilauea, sont bien connus sous le nom de *Cheveux de Pélé;* Pélé étant, au dire des naturels, la déesse qui réside dans les profondeurs du volcan.

A la Réunion, il en est de même; les laves vitreuses, qui à chaque éruption viennent remplir le cratère brûlant, rejettent, par torrents, ce verre capillaire qu'on regardait autrefois comme spécial à ce volcan (2).

---

(1) Fouqué, *Santorin et ses éruptions*, p. 80.

(2) Faujas de Saint-Fond, *Mémoire pour servir à l'histoire naturelle du globe*, t. II, p. 618.

En 1874, j'ai pu assister, sur le bord du cratère, à leur formation; une véritable pluie de ces légers filaments, qui avaient pris un lustre presque égal à celui de l'amiante, vint s'abattre dans la direction du sud-est, sur le rempart du Bois-Blanc, sur le Marocain et jusque sur le littoral près de Saint-Rose.

Mais, dans la plupart des éruptions, ces projections sont loin de constituer la majeure partie des masses rejetées hors de la montagne.

Dans le cas de laves visqueuses et tenaces, par exemple, les fragments projetés, violemment étirés, prennent des formes irrégulières, leur surface se couvre d'aspérités ; en même temps les gaz qu'ils tiennent emprisonnés les boursouflent et leur communiquent une structure celluleuse en donnant lieu à ces *scories*, qui rendent si pénible l'ascension des *cônes volcaniques*.

C'est, en effet, par l'accumulation de ces débris que s'établissent, autour des édifices de sortie, ces édifices coniques qui deviennent le trait ordinaire et caractéristique des volcans à projections.

Il se fait ainsi, dans la formation de ces cônes, une sorte de division du travail; les cendres, qui ne sont autres que la lave finement pulvérisée, sont transportées au loin, tandis que les gros blocs avec les scories retombent, soit au bord du cratère, soit dans le gouffre même, pour y être relancés de nouveau. Ces matériaux, par suite de leur entassement sur le bord du cratère, donnent lieu à un talus annulaire, qui

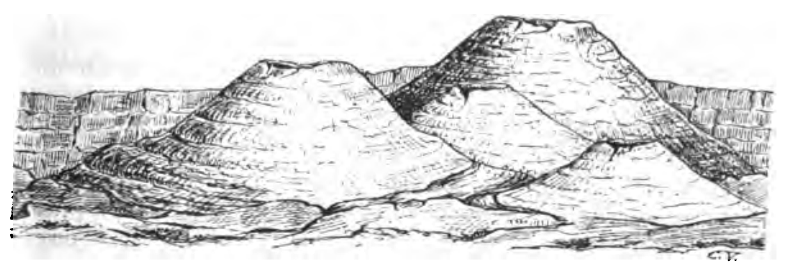


Fig. 8. — Cônes de débris, au pied du rempart du pas des Sables (île de la Réunion).

s'exhausse graduellement à mesure que l'éruption continue et finit par devenir une colline conique, tronquée au sommet par la large ouverture du cratère indiquant l'orifice de l'éruption.

(1) Ch. Vélain, *Description géologique de l'île de la Réunion* (*Mémoires et documents relatifs à l'observation du passage de Vénus*, t. II, 2e Partie, p. 171).

Après avoir été au niveau du sol, lors de la formation du volcan, l'orifice se prolonge alors en cheminée, au centre du cône de débris, et chaque éruption nouvelle contribue à son élévation. Les flancs de ces cônes de débris prennent une inclinaison de 35° et 40°, déterminée, comme la pente de tout talus d'éboulement, par la grosseur moyenne et la cohérence des éléments.

Ces édifices, érigés ainsi par l'entassement successif de matériaux meubles, rejetés du sein de la terre, conservent leur forme régulière longtemps après que tout travail d'éruption a cessé dans la cheminée. On a pu constater de la sorte qu'ils présentaient, dans leur intérieur, une sorte de stratification grossière, dont les diverses couches, composées d'éléments fragmentaires enchevêtrés, sont assez variées, suivant les diverses phases des éruptions qui ont présidé à leur formation. Les cendres, les lapilli, les scories, les blocs de roches plus anciennes, au travers desquelles l'éruption s'est fait jour, dominent dans certaines couches ou même les composent entièrement.

De pareils cônes, dont les dimensions varient depuis celui d'une grande fourmilière jusqu'à une colline de plusieurs centaines de mètres de haut sur 3^{km} à 4^{km} de circonférence, peuvent se former avec une étonnante rapidité.

L'admirable cône de débris, qui s'éleva en 1538 sur la côte de Pouzzoles, dans l'espace de deux jours et de deux nuits et qui porte maintenant le nom de *Monte-Nuovo*, est un des meilleurs exemples qu'on puisse citer de cette formation rapide d'un édifice construit par l'accumulation des débris répétés par les explosions.

Son apparition, pour ainsi dire subite, dans la journée du 29 septembre 1538 sur un sol plat, resté horizontal, a longtemps servi de prétexte à cette théorie dite des *soulèvements* qui, pendant la première partie de ce siècle, a tenu une si grande place dans l'histoire des volcans.

Cette théorie, qui a eu pour défenseurs les savants les plus illustres, tels que Humboldt, Léopold de Buch, et après eux Élie de Beaumont, admettait que les édifices volcaniques étaient sortis tout formés de la terre, et qu'ils devaient leur architecture actuelle non plus, comme il était naturel de le penser pour tous ceux qui avaient pu assister à leur formation, à l'accumulation séculaire des produits rejetés par les explosions autour des orifices de sortie, mais bien à un redressement subit des couches terrestres, opéré sous l'action d'une poussée verticale, agissant sur un seul point. Dans ces conditions, « le sol devait se gonfler comme une vessie qui se crevait au sommet, pour se former un *cratère dit de soulèvement* ». Or on n'a point de témoignages authentiques sur lesquels on

puisse appuyer une pareille hypothèse d'un gonflement soudain du sol, en forme d'ampoule. Dans ce cas particulier du Monte-Nuovo, les témoins nombreux qui ont pu contempler ce spectacle émouvant de l'apparition soudaine d'une montagne nouvelle sont unanimes pour déclarer que la terre se fendit en donnant issue à des vapeurs, à des scories et à des laves, et que la colline s'éleva ainsi, peu à peu, d'une façon régulière par l'entassement des matériaux rejetés.

Un de ces témoins oculaires, très digne de foi, Pierre Jacob de Tolède, après avoir parlé des tremblements de terre qui eurent lieu en Campanie à cette époque, et après avoir cité de faibles changements de niveau des fissures et des sources chaudes qui en furent le résultat, raconte : « Vers 2^h de la nuit, la terre s'ouvrit près du lac et laissa voir une bouche formidable d'où s'échappaient avec fureur du feu, de la fumée, des pierres et des cendres. Un bruit semblable à celui du tonnerre le plus fort accompagnait ce déchirement du sol. Les pierres atteignaient une hauteur presque égale à une portée d'arbalète; puis elles retombaient soit sur le bord, soit dans l'intérieur même du soupirail; elles formèrent, en moins de douze heures, une montagne de mille pas de hauteur. »

Un fait qui aurait dû faire rejeter, de prime abord, tout ce qui a été dit au sujet de cette apparition d'une montagne nouvelle, c'est qu'au pied même du *Monte-Nuovo*, sur les bords du lac Averne, s'élèvent encore plusieurs hautes colonnes, restes d'un temple d'Apollon; il est certain que ces colonnes n'auraient pu conserver leur position verticale si le Monte-Nuovo avait été soulevé.

Il en est de même pour le non moins célèbre *Jorullo* du Mexique, qui prit subitement naissance, en 1759, au milieu d'une vaste plaine, *Las Playas de Jorullo*, jusqu'alors couverte des plus riches plantations.

C'est dans la nuit du 29 septembre 1759 que la terre s'est ouverte à l'endroit qu'occupe maintenant une montagne haute de 1343^m qui domine une plaine dite des *Malpays*, couverte par des milliers de petits cônes de 2^m à 3^m, les *Hornitos*, dont chacun représente l'ouverture d'une fumerolle.

Alexandre de Humboldt a eu raison de dire que cette grande catastrophe, pendant laquelle une région d'une étendue considérable a subitement changé de face, est un des événements les plus considérables que puisse présenter l'histoire volcanique de notre planète, mais il était dans une complète erreur quand il déclarait que cette plaine, s'étant brusquement gonflée *en forme de vessie*, la montagne avait surgi de terre soudainement et toute formée.

D'après les traditions des habitants du pays, et surtout d'après les observations de savants et habiles géologues, tels

que de Saussure et Schleiden, qui ont étudié le Jorullo avec soin, cet événement mémorable s'est passé dans des circonstances toutes naturelles et conformes aux phénomènes volcaniques ordinaires.

A la suite de tremblements de terre, accompagnés de mugissements épouvantables, qui, depuis quelques mois, désolaient la région, jetant la terreur parmi les habitants de la hacienda de San Pedro de Jorullo, une vive déflagration éclata dans le fond de la vallée et l'on vit s'établir sur le trajet d'une grande crevasse six cratères, qui vomirent des roches incandescentes à des hauteurs prodigieuses.

De grandes gerbes de cendres et de scories s'élancèrent ensuite de ces soupiraux, puis bientôt après, de puissantes coulées d'une lave visqueuse et tenace s'épanchèrent de tous ces orifices de décharge, en s'accumulant sur leurs bords en une masse épaisse et consistante à contours elliptiques. Ce fut ce cratère principal, qui porte maintenant le nom de Jorullo, qui fournit les dernières laves; elles étaient si peu fluides qu'elles se congelèrent en un puissant éperon qui semble maintenant étayer les flancs de ce cône majestueux. C'est alors que, de la surface de cet énorme amas de roches fondues, crevassé dans tous les sens, surgirent des fumerolles aqueuses, véritables petits volcans de boue, qui édifièrent, sur les coulées, ces milliers de petits cônes, les *Hornitos*, aujourd'hui complètement éteints. Une explosion de cendres noires, lancées de Jorullo, qui vinrent couvrir les toits des maisons de la ville de Queretaro, située à plus de 40 lieues de distance, mit fin à tous ces phénomènes, qui rentrent bien dans la catégorie de ceux que nous avons décrits.

En résumé, le Jorullo, comme tous ses congénères, n'est autre qu'un cône volcanique érigé à la suite d'explosions d'une grande violence et faisant partie d'une série de cinq autres cônes de même nature établis sur une grande fracture, traversant les *Malpays*. La terre se fendant, en effet, suivant des directions sensiblement rectilignes, lorsque les matières fluides contenues souterrainement cherchent une issue, les orifices volcaniques s'alignent sur la crevasse et les amas de projections s'y succèdent, par suite, en rangées.

La chaîne des Puys, près de Clermont en Auvergne, présente ainsi plus de soixante cônes volcaniques espacés régulièrement sur une ligne droite de 18^{km}, qui n'est autre que le trajet de la fissure souterraine sur laquelle ils se sont successivement établis.

(*La suite prochainement.*)

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

2 DÉCEMBRE 1883. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 192.

CONFÉRENCE SUR LES VOLCANS (1),

FAITE A L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE,

Par M. Ch. VÉLAIN, docteur ès sciences naturelles,
Maître de conférences à la Sorbonne.

Cônes adventifs. — Tous ces cônes parasites qui s'élèvent, par suite d'éruptions latérales, sur les flancs des montagnes volcaniques, portées à une grande hauteur, se disposent de même par files rayonnantes, qui convergent vers le sommet. Le Vésuve (*fig.* 9), en 1794, lors de l'éruption mémorable qui a

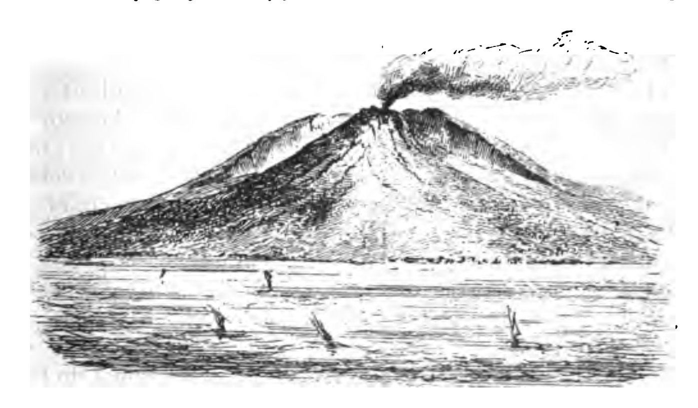


Fig. 9. — **Vue du Vésuve, prise de Sorrente, montrant le cône moderne s'élevant du milieu de l'ancien cratère de la Somma. (D'après Poulet-Scrope.)**

détruit Torre del Greco, a offert un bon exemple de cette formation rapide de huit cônes très rapprochés, étagés sur une fissure longue de 1^{km}.

Ch. Sainte-Claire Deville, de regrettée mémoire, a depuis longtemps signalé l'importance que prennent, sur chaque vol-

(1) *Voir* le *Bulletin* n° 191.

can, ces fentes qui, une fois formées, tendent toujours à se rouvrir à chaque reprise nouvelle de l'activité volcanique, et les désignait sous le nom, qu'elles doivent conserver, de *plans éruptifs*.

Dès que la montagne ignivome a acquis ainsi une certaine altitude, ces fissures se forment sous la seule pression exercée par le poids de la colonne de lave quand elle s'élève dans la cheminée et qu'elle atteint le cratère du sommet. La cheminée, qui s'ouvre au sommet de l'Etna, atteint plus de 3000^{m} au-dessus du niveau de la Méditerranée; on conçoit aisément qu'une pareille masse de lave, puissamment aidée par la force expansive des gaz contenus dans la cheminée, puisse exercer un effort suffisant pour la faire éclater.

Quand de pareilles crevasses se déclarent, entr'ouvrant la montagne sur une grande étendue, de véritables jets de lave s'élancent avec une extrême violence jusqu'à ce que le niveau de la nappe liquide, contenue dans la cheminée, se soit suffisamment abaissé (1). La lave s'écoule ensuite sur les pentes du volcan, sous l'action de la pesanteur, comme le ferait un ruisseau de métal fondu ou de tout autre liquide imparfait, remplissant les dépressions qu'elle rencontre, inondant les surfaces planes, s'accumulant contre les obstacles pour déborder par-dessus, ou bien les contournant en se divisant en plusieurs bras, en un mot se comportant comme un véritable fleuve de feu.

L'éruption une fois terminée, les laves se coagulent rapidement dans ces fissures toujours étroites, leur largeur ne dépassant guère, en moyenne, 4 à 5^{m}; il se forme, ainsi, dans l'intérieur de la montagne un réseau de filons entrecroisés, qui enserre tous ces matériaux meubles et peu cohérents dont elle se compose, et lui communique, par suite, une solidité exceptionnelle.

Éruption de l'Etna en 1865; *crevasse de Frumento.* — La dernière grande éruption de l'Etna (janvier 1865) est un des exemples les plus remarquables qu'on puisse citer de ces coulées latérales, qui semblent former le jeu normal de l'activité de ce géant de la Sicile, que Pindare dénommait le grand « pilier du ciel ». Sur 80 éruptions, connues depuis la période historique, on en compte, en effet, plus de 60 qui se sont faites ainsi par des crevasses verticales, ouvertes sur les flancs du dôme qui sert de support au cône terminal, et dans le nombre il en est qui se sont étendues sur 20^{km} de long, en couvrant sur des espaces de plus de 100^{kmq} des villes et des villages, entourés de grandes plantations et de belles cultures.

(1) En 1805, on l'a vu s'élancer ainsi des flancs du Vésuve avec une vitesse de 20^{m} par seconde.

Les diverses phases de cette éruption mémorable ont été suivies avec soin et étudiées de la façon la plus précise et

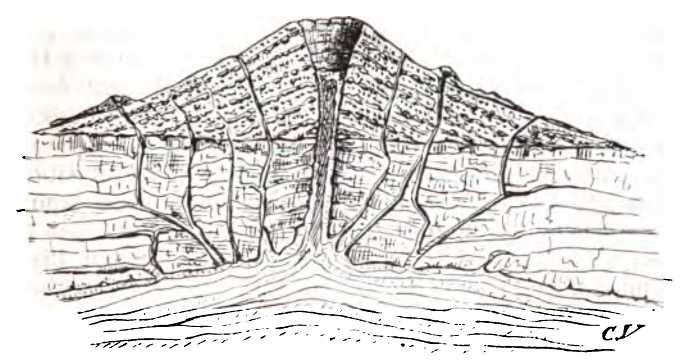


Fig. 10. — Coupe théorique montrant le mode de formation des cônes adventifs, sur le trajet des fissures qui entament la montagne volcanique.

la plus complète par M. Fouqué; elle mérite donc d'être racontée en détail.

Dans la nuit du 30 au 31 janvier, une violente secousse se fit sentir sur le flanc nord-est de la montagne, avec une intensité telle que tous les habitants des villages avoisinants, saisis



Fig. 11. — Coulée du Monte-Frumento (d'après M. Fouqué).

de terreur, quittèrent en toute hâte leurs maisons, où ils ne devaient plus rentrer.

La paroi avait cédé sous l'effort des laves; on vit des gerbes de feu s'élancer de la base du Monte-Frumento (*fig.* 11)

ancien cône de débris dressé sur le versant oriental de l'Etna, et la terre se fendit, dans la direction du cratère terminal, sur une longueur de $2^{km},5$.

Le spectacle était effrayant; la lave comprimée jaillit sur les pentes du volcan, avec une vitesse prodigieuse de 6^m à la minute, détruisant tout sur son passage et ne laissant, çà et là, que quelques rares îlots de végétation entre ses coulées.

Le 2 février, le courant principal, large de 300^m à 500^m, atteignait, à 6^{km} de son point de départ, l'escarpement situé au sud du *Monte-Stornello*, d'où il se précipitait, d'une hauteur de 50^m, charriant à sa surface des blocs solidifiés qui tombaient, avec fracas, du haut de cette cascade de feu. Bientôt la vallée tout entière était comblée, et le courant continuant sa marche avec plus de lenteur, sur une longueur d'environ 3^{km}, finissait par s'arrêter sur l'emplacement d'une ancienne coulée nommée la *Sciarra* de la *Scorcia Vacca*, à une altitude de 800^m.

Ce fut un spectacle splendide, que la vue de cette cataracte de feu, entraînant dans sa chute des blocs de lave noircis et des amas de scories, qui s'entrechoquaient avec des bruits terribles, et rebondissant dans le fond du ravin en gerbes étincelantes. Tandis que les villageois de l'Etna se lamentaient en voyant leurs cultures envahies et les forêts détruites, des milliers de spectateurs, venus en toute hâte de Messine et de Catane, contemplaient la splendide horreur de cet incendie.

Mais ce phénomène fut de courte durée; peu de temps après la sortie des laves, toute l'activité volcanique, concentrée au pied de la crevasse, donnait naissance à six cônes adventifs qui s'élevèrent rapidement à 100^m de hauteur. Les grands cratères, qui s'ouvraient à leur sommet en forme de boutonnières, vomissaient, sans trêve ni repos, dans toutes les directions, à de prodigieuses hauteurs, des pierres et des fragments de lave incandescents [1]. Dès lors les phénomènes de l'éruption se distribuèrent, sur cette extrémité inférieure de la fracture, avec une grande régularité.

C'est ainsi que les deux cônes les plus rapprochés du Monte-Frumento, deux mois après l'explosion initiale qui avait fendu la montagne et donné lieu à la grande coulée de février, ne lançaient plus que par intermittence quelques blocs de lave solidifiée, des scories et des cendres avec de la vapeur d'eau, tandis que les deux derniers, situés à l'extrémité inférieure de la crevasse, vomissaient encore des jets de lave incandescents, au milieu de nuages épais et de violentes explosions. En dernier lieu, toute activité avait cessé dans les

---

[1] Au début, M. Fouqué a pu évaluer à 1800^m la hauteur qu'atteignaient ces projections.

cratères supérieurs, quand le septième cône, situé sur la partie la plus basse de la crevasse, exhalait son dernier souffle, en lançant, de temps à autre, quelques projections qui ne le dépassaient guère de 100^{m} en altitude, alors qu'au début, d'après le témoignage de M. Fouqué, elles avaient atteint 1700^{m} et même 1800^{m}.

Tout s'est donc passé, dans cette éruption mémorable, suivant les lois fixes et bien déterminées que nous avons définies. Le volume de lave rejeté par cette fissure pendant les six premiers jours a pu être évalué à 90^{mc} par seconde.

Cette immense nappe de matière fondue s'écoulait ainsi, à la manière d'un torrent de feu, au travers d'un bois de haute futaie, celui de *la Cerrita,* où dominaient, au milieu de chênes et de bouleaux, des pins et les châtaigniers géants qui ont acquis sur l'Etna une si grande célébrité.

M. Fouqué a pu observer là un phénomène très remarquable. La nappe de feu avait baigné ces arbres jusqu'à une hauteur de 6^{m} à 7^{m} au-dessus du sol. Beaucoup avaient été arrachés ou brûlés, mais il en restait un grand nombre encore debout, garnis de tout leur feuillage, au-dessus de la coulée maintenant refroidie. Les arbres, ainsi conservés, étaient tous entourés d'une gaine de lave solidifiée, qui s'était moulée sur l'écorce et l'avait ainsi protégée contre l'action vive de la haute température dégagée par la lave en fusion, qui les avait environnés.

Ce fait trouve son explication naturelle dans l'humidité de l'écorce, qui, subitement vaporisée, agit comme une espèce de fourreau protecteur pendant ce court intervalle qui sépare l'immersion de l'arbre dans la lave et le refroidissement de la première enveloppe.

De pareils phénomènes sont fréquents, à la Réunion, sur les hauts plateaux qui s'étendent à la base des *Grandes Pentes*, dans le Grand-Brûlé, où se déversent, pour ainsi dire annuellement, les coulées du piton de la Fournaise. Sur l'emplacement de ces grandes et belles forêts de palmiers et de fougères arborescentes, aujourd'hui en partie détruites, qui s'étendaient autrefois du rempart du Tremble à celui du Bois-Blanc, on peut voir, çà et là, portant haut leur large bouquet de feuilles en éventail, des palmiers, encore debout, seuls témoins qui restent de cette scène de désolation, entourés ainsi jusqu'à mi-hauteur d'un étui de lave, qui s'est moulé avec une exactitude parfaite sur leur écorce et les a préservés ainsi de l'atteinte du feu.

Parfois, des explosions issues de la surface même des coulées, alors qu'elles sont recouvertes d'une première enveloppe scoriacée, projettent en l'air des fragments de la lave en fusion, qui circule sous cette *gaine de scories*. Ces fragments, retom-

bant sur les arbres, s'accrochent aux branchages et y restent suspendus à la manière de ces glaçons formés par la gelée qui suit une neige abondante et un dégel. Les branches, ainsi enveloppées par la lave fluide, portent à peine des traces de feu. L'écorce même peut rester intacte.

Ces stalactites de lave sont fréquentes dans les grandes forêts qui, s'étendant, à Hawaï, sur les pentes du Mauna-Loa, sont souvent traversées par les grandes coulées qui descendent, avec une vitesse prodigieuse, de cet immense volcan.

Ces faits remarquables sont encore à rapprocher de ce qui se passe lorsqu'un courant de lave rencontre, dans son trajet, une surface plane d'une certaine étendue, tel qu'un mur de clôture lui barrant le passage perpendiculairement à sa direction. Dans ce cas la coulée s'arrête, comme par enchantement, à une très faible distance de l'obstacle; elle s'accumule au



Fig. 12. — Cône de débris au sommet de l'île Amsterdam (océan Indien)

devant, en refluant en arrière, jusqu'à ce qu'elle ait atteint une hauteur suffisante pour le surmonter et rouler par-dessus en cascade de feu. Cette observation a pu être faite, sur le Vésuve, lors des grandes coulées qui, à diverses reprises, ont atteint les constructions et les villages établis sur les pentes. Il en a été de même, à l'Etna, quand la terrible coulée de 1669 atteignit les fortifications de Catane, après avoir détruit quatorze villes sur son passage; cette muraille ne fut pas renversée; la lave, refluant devant elle, la surmonta ensuite en se recourbant comme une vague de feu.

Grande dimension des cônes de débris. — Les éruptions qui se succèdent ainsi pendant le cours des siècles ont pour résultat d'accroître graduellement les pentes du cône et de rompre leur uniformité. Les coulées s'ajoutant aux coulées, le volcan s'élargit ainsi et grandit tout à la fois par les explosions du sommet; il finit par atteindre et même dépasser la limite des neiges perpétuelles. Tel est le sublime Cotopaxi des Andes, qui se dresse à plus de 6000^{m} au-dessus de la Cordillère et qui doit son élévation et sa forme régulière à la durée ainsi qu'à la violence de ses éruptions.

Coulées par déversement. — La sortie de la lave ne se fait pas seulement par des fentes ouvertes sur les flancs de la montagne volcanique; parfois, dans les grands paroxysmes, elle remplit complètement le cratère terminal et se déverse par-dessus ses bords, à la manière d'un trop-plein.

Ces coulées par déversement peuvent se produire sur les grands volcans; le Mauna-Loa, dont l'altitude atteint plus de 4000^{m} est un des meilleurs exemples qu'on puisse citer.

Au sommet de cette immense montagne, qui supporte sur

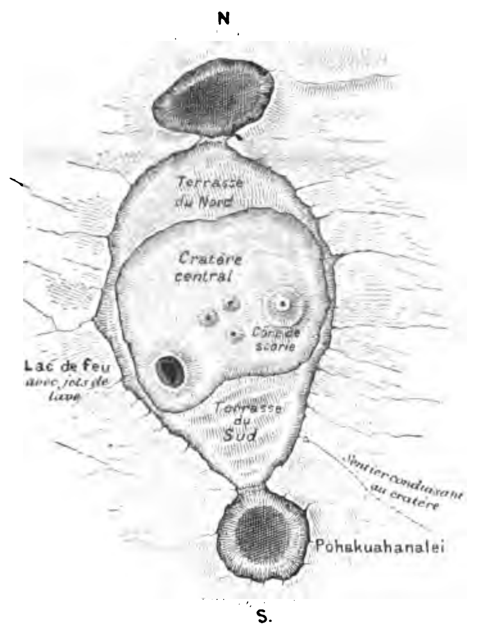


Fig. 13. — Le Mokua-Weo-Weo. — Cratère terminal du Mauna-Loa. (D'après BIRCHAM.)

ses flancs ce lac permanent de lave bouillante, le *Kilauea,* dont nous avons déjà parlé, s'ouvre un large cratère, le *Mokua-Weo-Weo,* de forme elliptique, qui s'étend en direction N.-S.

sur une longueur de près de 5^{km}, sa plus grande largeur étant de 2700^{m} (*fig.* 12). Ses parois verticales tombent à pic sur une hauteur de 50^{m} à 60^{m}; elles montrent, dans toute leur étendue, une longue succession de coulées de laves épaisses et compactes, qui se superposent avec une extrême régularité. Cette vaste enceinte circonscrit un premier fond, percé en son centre par une vaste dépression circulaire, entaillée comme à l'emporte-pièce et dont on ne voit pas le fond. C'est là le cratère principal; sa profondeur moyenne est de 250^{m}; il est

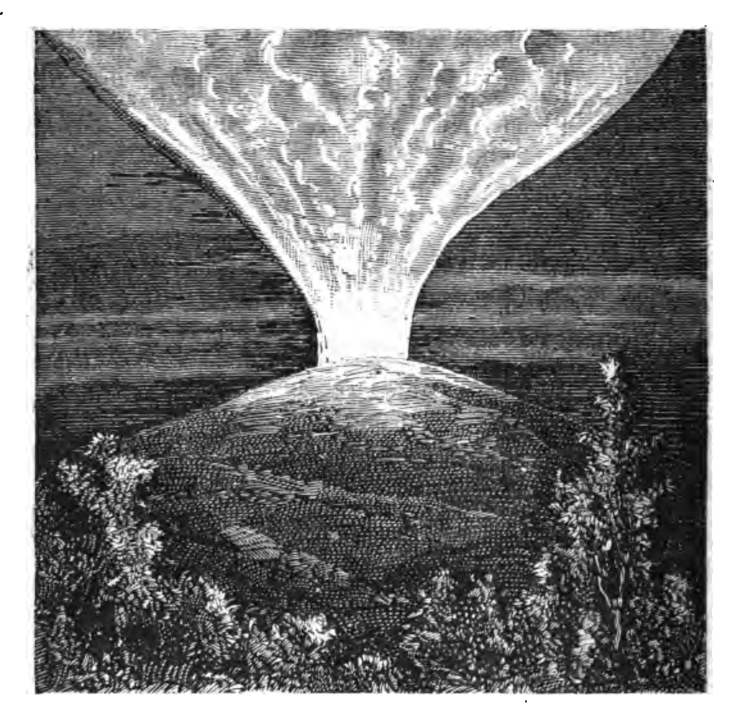


Fig. 14. — Éruption du Mauna-Loa (14 février 1877), vue de Hilo (d'après un croquis de M. Ballieu, consul de France à Honolulu).

escorté par deux autres cratères, situés l'un au Nord, large et profond, l'autre au Sud, de moindre étendue, connu des indigènes sous le nom de *Poha-kua-hanalei.* Un petit cratère secondaire se voit encore, plus au Sud, au travers d'un large courant de laves, à proximité d'une belle rangée de cônes de scories, qui se dressent dans cette direction.

Dans les grands paroxysmes, cette vaste chaudière peut se trouver remplie, tout entière, par la lave en fusion qui, débordant sans entamer le cratère, recouvre la montagne d'une immense nappe de feu. La nuit, ces laves incandescentes jet-

tent, sur le ciel, une lumière si vive qu'il paraît en feu; ce spectacle est un des plus grandioses et des plus imposants qu'il soit donné à l'homme de contempler (*fig.* 14).

C'est dans cet état que M. Birgham [1] a trouvé le *Mokua Weo-Weo*, en 1875. Des jets de lave incandescente s'élevaient alors du cratère, sans discontinuité, à des hauteurs de 25^m à 30^m, avec des torrents de vapeurs, qui s'échappaient de la lave avec des sifflements aigus. Deux ans après, dans la nuit du 14 février 1877, pareil phénomène s'est produit et pendant tout un jour la lave s'est déversée par le sommet, débordant sur tout le pourtour du cratère, ainsi qu'en témoignent maintenant des nappes de lave solidifiée qui, avec ces reflets miroitants satinés, qui sont le trait saillant et caractéristique des laves vitreuses du Mauna-Loa [2], s'étendent en surplomb par-dessus les bords du cratère, formant un revêtement épais, qui figure d'immenses draperies retombant en longs festonnements.

C'est de la sorte que ces laves s'étirent et restent figées sur les bords de l'orifice, quand leur niveau s'abaisse, soit que l'éruption cesse, soit qu'une fissure se déclare au sein de la montagne, sous l'énorme pression exercée par cette puissante masse de lave, élevée ainsi à plus de 4000^m au-dessus du niveau de la mer. Dans ce dernier cas, qui est encore fréquent au *Mauna-Loa*, les laves, douées d'une fluidité exceptionnelle, s'élancent dans les airs, par jets paraboliques, avec une vitesse prodigieuse. On en a vu qui, en 1852, s'élevaient ainsi à plus de 100^m de hauteur.

L'éruption de 1843, qui a précédé, a été particulièrement terrible; elle a eu pour témoins MM. Andrews et Coan, missionnaires anglais qui en ont donné, dans le *Missionnary-Herald*, une relation très détaillée [3].

« Dans la matinée du 10 janvier 1843, on vit de grandes flammes s'élever près du sommet du Mauna-Loa. On découvrit bientôt qu'un nouvel orifice volcanique s'était ouvert au flanc nord-est de la montagne, à une hauteur de 1300 pieds, et que des torrents de lave s'en échappaient. L'éruption augmenta rapidement en violence; la montagne tout entière parut couverte de feu, et pendant plusieurs jours de véritables jets de lave s'élancèrent de ses flancs, se répandant ensuite sur ses pentes à la manière de torrents de feu. Ces flots de lave vinrent se réunir dans la grande plaine qui sépare le Mauna-Loa du Mauna-Kea et, là, s'étendirent sur ce vaste espace, en donnant lieu à une véritable mer de feu, qui, la

(1) *Peterman's Geograph. Mittheilungen*, Jahrgang 1876.

(2) Cet aspect satiné leur a valu, de la part des indigènes, le nom de *pahéhoë*, qui veut dire luisant comme du satin.

(3) *Missionnary-Herald*, t. XXXIX, p. 43 et 381; X, p. 44.

nuit, jetait sur le ciel une lumière, assez vive, pour éclairer toute l'île. Ce spectacle dura plusieurs jours; la grande élévation des jets de lave, leur rapide écoulement et l'inondation

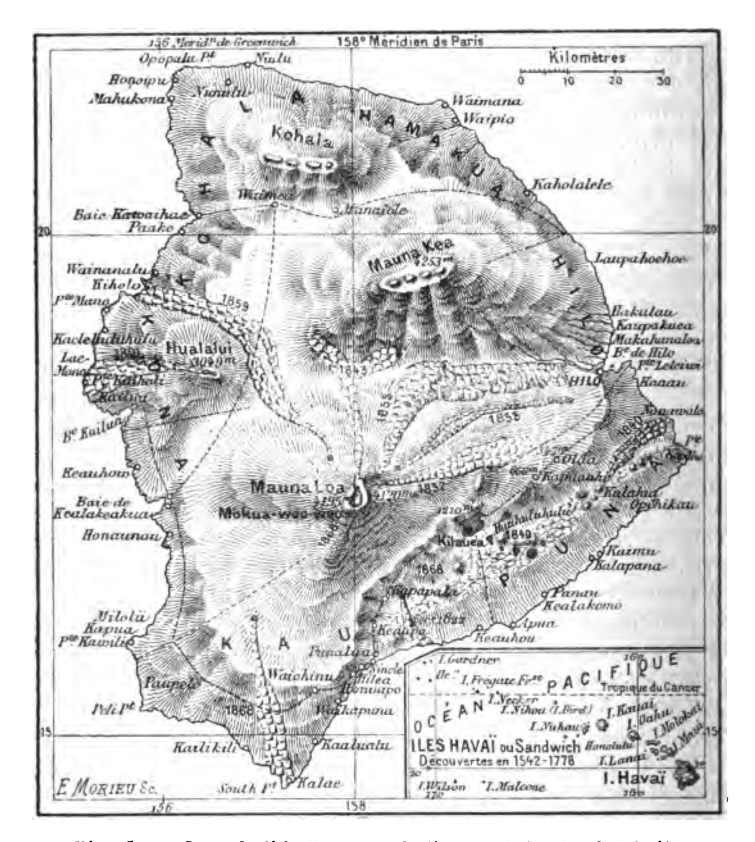


Fig. 15. — Carte de l'île Hawaï et de l'archipel des Sandwich (¹).

subite qui en était résultée tinrent tout le monde en éveil pendant plusieurs nuits. »

Six semaines durant, les laves s'écoulèrent avec une pareille intensité; à cette date, quelques points seulement de la fracture étaient encore actifs; les coulées s'avançaient lentement, on put juger de leur étendue. Une large coulée issue du sommet s'était dirigée à l'Ouest vers le district de Kona; une

(¹) Les figures relatives à la description des volcans de l'île Hawaï, empruntées à *la Nature* (nos 452 à 485, Ch. Vélain, l'*Archipel hawaïen et ses volcans*), ont été gracieusement communiquées par M. Masson, à qui j'adresse ici tous mes remercîments.

autre traînée beaucoup plus étendue, sortie d'un point plus bas, s'écoulant vers le Nord, était venue buter contre le massif du Mauna-Kea; là elle s'était étalée sur une grande surface, puis s'était divisée en deux branches, l'une dirigée, au Nord-Ouest, vers la plaine de Waimea, l'autre, à l'Est, sur Hilo. L'étendue de ce fleuve de lave est ainsi de 40 milles.

Au commencement du mois de mars, M. Coan entreprit l'exploration de ce massif et fit l'ascension du cratère, au prix des plus grandes fatigues et des plus grands dangers; le récit de ce voyage périlleux, exécuté en grande partie sur la coulée même, à peine refroidie, alors que la lave fluide circulait encore au-dessous d'une faible écorce, qui parfois était mouvante et semblait céder sous le pas, est rempli d'intérêt.

Dans sa partie basse, la coulée s'était répandue au milieu des forêts. Ces jungles impénétrables avaient été saccagées; des arbres énormes, violemment arrachés et longtemps charriés sur la lave, étaient venus s'accumuler sur son front, formant un barrage inextricable. Sur les côtés épaissis, ces troncs d'arbres, empâtés par moitié, formaient de véritables chevaux de frise, tandis que d'autres, dressés au milieu de la coulée, semblaient comme autant de pieux implantés au sein de la masse liquide par la main des géants. Dans la plaine, sous le Mauna-Loa, les laves refroidies donnaient l'image d'une mer consolidée à l'état de tempête; ce n'étaient que blocs heurtés, dressés les uns contre les autres. Au milieu de ces masses saillantes, noires et informes, violemment emboîtées, s'élevant jusqu'à 10^{m} au-dessus du niveau de la plaine, des traînées de scories se faisaient remarquer par leurs protubérances aiguës et anguleuses. Enfin, en d'autres points, la lave fluide présentait une surface unie et vitreuse, marquée seulement de replis concentriques et d'ondulations, ayant leur convexité tournée dans le sens de l'écoulement. Ces courants étaient alors divisés par de profondes crevasses, au fond desquelles on voyait encore le fleuve igné rouler ses ondes avec une grande rapidité. Ces larges fissures laissaient échapper d'abondantes vapeurs, qui les signalaient de loin et permettaient de les éviter.

En cherchant à atteindre le sommet du volcan, après une ascension dont les difficultés s'accrurent à chaque pas, M. Coan et ses compagnons arrivèrent jusqu'au point d'émission de la première coulée. Ils se trouvèrent là, à une faible distance du plateau terminal, en présence de deux immenses cratères contigus et remplis presque jusqu'au bord par des laves incandescentes, en complète ébullition. Séjourner en un pareil lieu, sur un sol échauffé, à ce point qu'on ne pouvait tenir en place, et sous une pluie de projections brûlantes, était impossible. Leur exploration, déjà si aventureuse, dut

s'arrêter là : ils ne purent gagner le sommet et furent obligés de revenir en toute hâte à leur dernier campement.

Les dates connues de ces grandes émissions de laves sont les suivantes : 1832, 1843, 1852, 1859, 1866, 1875.

Elles se renouvellent, par conséquent, avec une certaine régularité tous les dix ans. Dans les intervalles, le cratère terminal reste toujours en activité solfatarienne : ce n'est, en somme, que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles que les laves apparaissent dans le fond et s'y maintiennent à l'état de fusion pendant un certain temps, arrivant à se déverser par-dessus les bords de l'orifice, ainsi que l'ont observé M. Birgham en 1875 et M. Ballieu en 1877.

C'est l'émission, pour ainsi dire continue, et poursuivie pendant un long espace de temps, de laves très fluides par cet orifice central, qui a porté ainsi le Mauna-Loa à 4200m, en lui donnant cette forme en dôme aplati, qui résulte de leur accumulation successive (*fig.* 15). Sur ses pentes, à une époque fort ancienne, qu'il est impossible de préciser, le Kilauea s'est

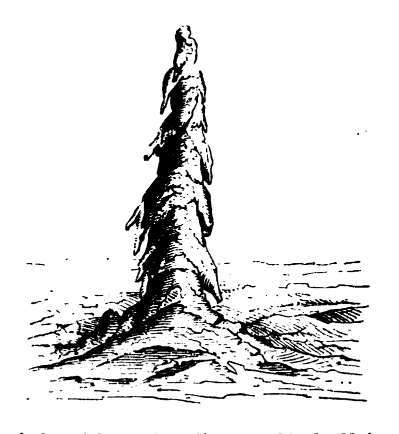


Fig. 16. — Jet de lave à la surface d'une coulée du Mokua-Weo-Weo. (D'après Dana.)

établi et son activité ne paraît pas s'en être ressentie. Ces deux appareils, complètement indépendants, ont, en effet, fonctionné isolément en contribuant, chacun de leur côté, à l'accroissement régulier du massif qui les supporte.

C'est ainsi que, pendant les violentes éruptions du Mokua-Weo-Weo, que nous avons signalées, le cratère ouvert du Kilauea demeure dans son état de tranquillité habituelle, sans paraître impressionné par l'énorme développement de forces qui se manifeste dans l'axe central du volcan, pour amener la lave en fusion jusqu'à son sommet. Une colonne de lave, se maintenant à une pareille hauteur, atteste la solidité de cette

montagne, qui n'offre une telle résistance que parce que ses pentes sont très affaiblies (elles ne dépassent pas 8°); autrement, s'il existait une communication souterraine entre ces deux orifices, celui situé en contre-bas ferait office de siphon et les laves jaillissantes s'en échapperaient pour se mettre à niveau (*fig.* 16).

Ce défaut de correspondance, entre ces deux cratères, doit tenir à ce que tous deux ne sont pas, toujours, en communication directe avec la nappe souterraine qui fournit la matière aux éruptions.

On peut concevoir que, dans un pareil massif volcanique, un des conduits de décharge soit temporairement intercepté par suite de la consolidation des laves en son intérieur, en raison de conditions spéciales qui amènent leur refroidissement, tandis que le conduit voisin, situé en contre-bas, reste en communication constante avec l'intérieur et subit alors un accroissement graduel de température et de tension qui permet aux laves de se maintenir à l'état fluide.

Les éruptions du Mokua-Weo-Weo doivent provenir, suivant toute apparence, d'un foyer, situé à une grande profondeur sous la montagne, dont la température et la force expansive ne sont pas atténuées par un dégagement lent et continu comme celui du Kilauea. Aussi ces forces s'accumulent, et quand les conditions d'éruption se réalisent, ce qui ne se fait qu'à des intervalles très éloignés, elles se font violentes et sont relativement de courte durée; elles se traduisent par des effets violents. Elles se produisent, ainsi, quand les masses laviques contenues dans l'intérieur ont acquis graduellement, par l'accroissement de chaleur et la tension des gaz, ce degré qui leur permet d'atteindre une température telle qu'elles peuvent remettre en fusion les laves consolidées qui obturent la cheminée, et arriver ainsi à la surface, sans cataclysmes, sans détonations, sans ces bouleversements du sol et ces explosions qui précèdent, en général, l'apparition des laves et forment le cortège habituel des éruptions dans les appareils volcaniques intermittents.

Mais les conditions de fluidité de la masse lavique qui remplit la cheminée du Mokua-Weo-Weo ne sont que temporaires, et ce volcan est ainsi soumis à des alternatives d'activité et de calme qui se font, ainsi que nous l'avons vu, à des époques déterminées.

Ces effets de refusion, produits par des laves portées à une haute température, sont fréquents dans le lac de feu du Kilauea. La lave, exposée à l'air, se recouvre, en partie, d'une croûte solide; grâce à sa fluidité exceptionnelle, sous cette enveloppe qui la protège contre le rayonnement, elle se maintient à l'état liquide et bientôt le bain redevient assez chaud

pour refondre sa couverture. Il en résulte des alternatives de fusion et de solidification qui constituent le jeu normal du Kilauea.

Le caractère spécial des phénomènes volcaniques qui se passent dans le cratère, qu'on ne saurait attribuer, ainsi qu'on l'a fait bien souvent, à une soupape de sûreté ou à un regard, placé au centre du grand cercle volcanique qui entoure l'océan Pacifique, tient donc à l'extrême fluidité de cette lave,

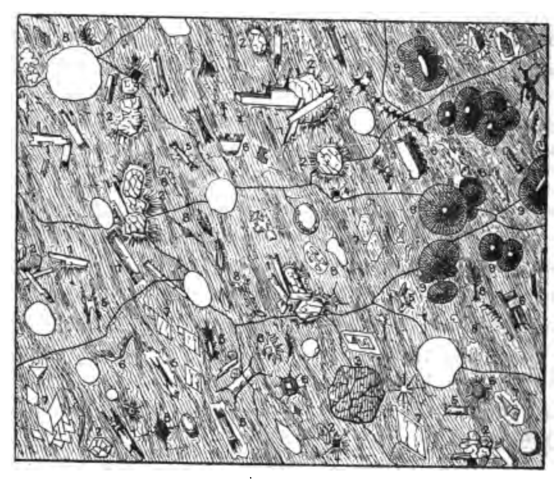


Fig. 17. — Lave du Kilauea (éruption de 1881) vue au microscope, en lumière naturelle, à un grossissement de 40 fois, montrant sa structure fluidale. 1, labrador. — 2, augite. — 3, péridot. — 4, magnétite. — 5, microlithes d'anorthite. — 6 et 7, cristallites d'augite. — 8 et 9, concrétions sphérolithiques.

fluidité qui explique également la rapidité de son écoulement, quand elle s'échappe en jets brûlants au travers des fissures ouvertes sur les pentes basses de la montagne, et son maintien à l'état liquide dans l'intérieur des coulées, pendant de longs mois, après l'extinction des feux qui les ont animées. Longtemps après que la sortie des laves en fusion a cessé, quand toute trace d'incandescence a disparu à la surface, la lave reste encore à l'état liquide au-dessous de cette écorce consolidée; elle glisse lentement, sur les pentes, avec une consistance de miel épais, entraînant avec elle sa croûte scoriacée qui se disloque et se brise, en subissant des fusions partielles quand elle arrive en contact avec le fleuve de feu qui l'emporte.

(*La suite prochainement.*)

Commission chargée d'étudier le choléra à Alexandrie, conformément aux instructions données par M. Pasteur.

La Société de Biologie, dans sa séance du 10 novembre, a entendu la lecture d'un Rapport très détaillé sur les opérations de cette Commission, dont l'un des Membres, M. Thuillier, a péri victime de son dévouement à la Science et à l'humanité. Les Membres survivants, MM. Strauss, Roux et Nocard, nous apprennent que cette Commission n'a rien négligé pour arriver à la solution des questions soumises à son examen et qu'elle a pu opérer dans des conditions particulièrement favorables, car elle a pu faire les autopsies presque immédiatement après la mort des malades. Elle a constaté l'existence de microbes très nombreux et très variés dans les voies digestives, mais elle n'a réussi ni à multiplier et à trier ces petits êtres au moyen de cultures méthodiques, ni à transmettre la maladie à des animaux par inoculation du ferment présumé. Ses recherches n'ont conduit à aucun résultat positif et ne jettent aucune lumière pourvue de quelque importance soit sur la nature du choléra asiatique, soit sur le traitement de cette maladie meurtrière.

Le Rapport a été publié dans la *Gazette médicale de Paris* du 17 novembre.

Résumé des Observations météorologiques du Bureau central en septembre 1883;

Par M. FRON.

Le mois de septembre 1883 a été pluvieux, un peu chaud; il offre une pression inférieure à la normale.

A l'observatoire de Paris (Saint-Maur), la température moyenne, 15°,42, est supérieure de 0°,99 à la normale. Le thermomètre a varié depuis un minimum de 6°,1, le 10, jusqu'à un maximum de 24°,3, le 16. Les moyennes ont été de 10°,28 pour les minima et de 20°,40 pour les maxima.

La pression atmosphérique est très basse au commencement, à la fin du mois et du 20 au 22. Elle est descendue beaucoup le 2 et surtout le 30, où le minimum a été de $738^{mm},7$ à 7^h30^m du matin (à l'altitude de $49^m,30$). Elle s'est abaissée jusqu'à $763^{mm},8$ le 28. La moyenne a été de $755^{mm},54$, inférieure de $2^{mm},24$ à la normale.

L'humidité relative moyenne est 81,7, variant depuis un minimum de 5,3 le 3 jusqu'à un maximum de 100 observé 14 jours. Il est tombé $130^{mm},8$ d'eau en 18 jours, comprenant

68 heures de pluie. On a constaté 1 jour d'éclairs et 6 de brouillards.

A l'observatoire de Bordeaux-Floirac, les moyennes ont été de 12°,91 pour les minima et 22°,89 pour les maxima. La quantité de pluie est de 68^{mm},0.

Sur le plateau de Langres, à Marac, la moyenne des minima a été de 9°, comme en août; celle des maxima, 18°,6, est inférieure à la normale. Il y a eu 16 jours de pluie, fournissant un total de 97^{mm},7 d'eau. Deux gelées blanches ont eu lieu, l'une le 10, l'autre le 24.

Au point de vue de la circulation générale, ce mois présente 2 périodes de vents d'W. de 6 à 7 jours chacune, l'une dans la première, l'autre dans la dernière décade, et une période de vents du N. ou de l'E. pendant la seconde décade. Entre elles, sont intercalés un ou deux jours de vents du S., qui constituent seulement des phases transitoires.

Note sur l'Observatoire météorologique de Montpellier;

Par M. CROVA.

La Commission météorologique possède, depuis l'année dernière, un bel Observatoire météorologique installé dans l'un des parcs de l'École d'Agriculture. Les observations y sont faites à des heures fixes par MM. les préparateurs et les surveillants de l'École, dans d'excellentes conditions; la continuité des observations y est assurée par un ensemble d'appareils enregistreurs dont le fonctionnement régulier ne laisse rien à désirer. Les observations, faites à 9^{h}, sont immédiatement adressées par le téléphone à l'Hôtel de Ville de Montpellier, où elles sont affichées sans retard.

Les courbes des enregistreurs et l'indication des observations faites à 9^{h} sont réunies dans un tableau graphique imprimé dans les premiers jours de chaque mois, qui donne l'ensemble des observations du mois précédent. Ces planches sont adressées immédiatement aux principaux Observatoires météorologiques de la France et de l'étranger, et paraîtront en un fascicule dans le prochain *Bulletin*. Leur publication date du 1er décembre 1881, et est continuée sans interruption depuis cette date.

Qu'il nous soit permis de remercier ici MM. les observateurs des diverses stations de la Commission météorologique et de l'Observatoire de l'École nationale d'Agriculture de leur zèle et de leur assiduité.

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

---

9 DÉCEMBRE 1883. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 193.

CONFÉRENCE SUR LES VOLCANS (1),

FAITE A L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE,

Par M. CH. VÉLAIN, docteur ès sciences naturelles.
Maître de conférences à la Sorbonne.

Cratères de laves. — Ces coulées de lave, par déversement hors du cratère, sont également fréquentes au *piton de la Fournaise*, à la Réunion, dont l'altitude relativement faible (2528^m) rend facile l'ascension des laves jusqu'au sommet. Elles constituent la règle habituelle des éruptions de ce volcan.

C'est ce qui ressort clairement de l'examen de son cratère terminal (*Cratère Dolomieu*), qui doit ainsi son élévation et sa grande régularité à une longue série de coulées de lave superposées les unes aux autres.



Fig. 18. — Cratère terminal du piton de la Fournaise (île de la Réunion).

La forme générale de ce cratère est celle d'un vaste entonnoir renversé; son diamètre, en 1874, au moment de notre

---

(1) *Voir* les *Bulletins* n°s 191 et 192.

ascension, atteignait 400^m et sa profondeur 150^m à 160^m. Ses parois intérieures, régulièrement inclinées, laissaient voir

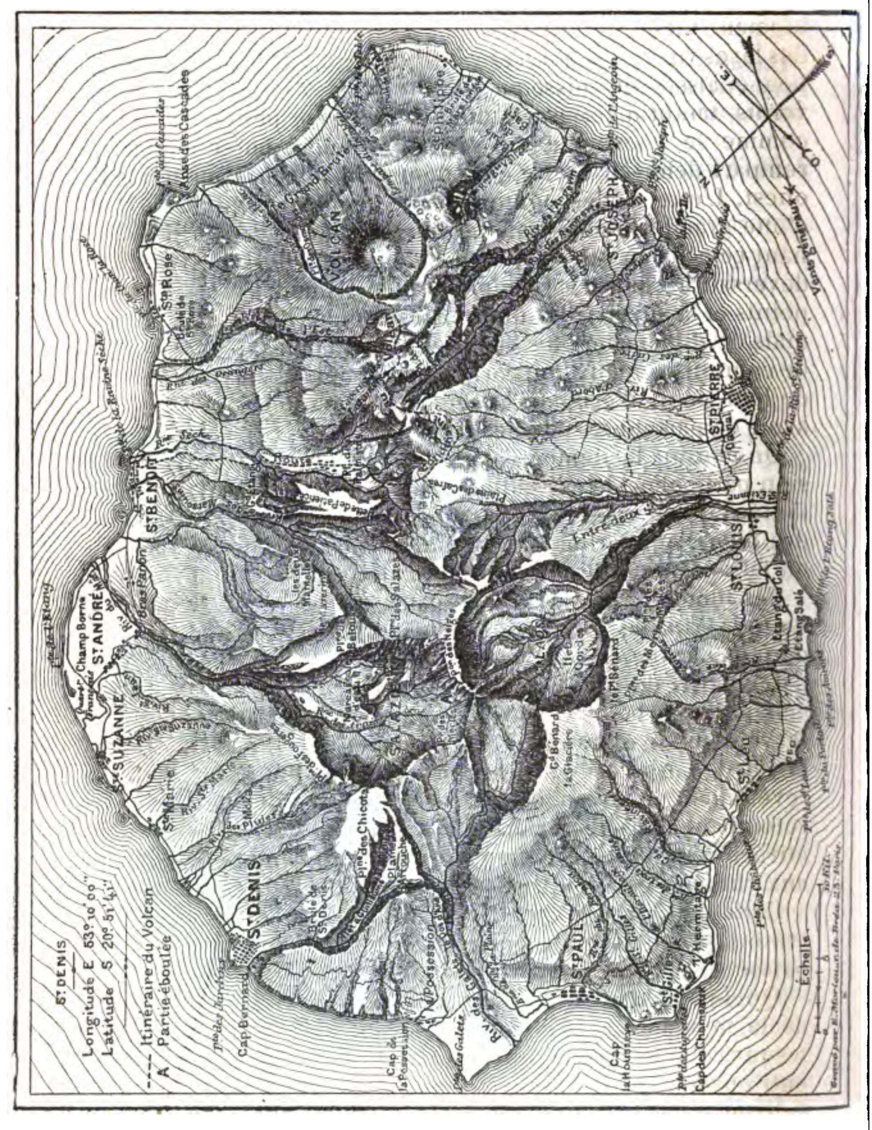


Fig. 19. — Ile de la Réunion.
(D'après la Carte dressée en 1852 par M. L. Maillard, ingénieur colonial.)

une longue succession de coulées noires à peu près horizontales, entremêlées de quelques lits de scories rouges, toujours

minces et discontinus. Déjà cette absence de matériaux meubles, cendres, scories, rapilli, fournis par les projections, se faisait remarquer sur les pentes extérieures du cône, qui, faiblement inclinées (15° à 20°), se montrent recouvertes par des laves vitreuses, dont les coulées, tantôt largement étalées, peu épaisses et ruisselant sur le cône à la manière d'un vernis, tantôt divisées en une multitude de petites branches comme le chevelu d'une racine, viennent buter contre le rempart demi-circulaire qui entoure le volcan, dans le nord-ouest. L'une d'elles, toute récente (août 1874), s'échappait d'une grande fissure transversale, ouverte à l'ouest, et, prenant ce cône en écharpe, sur les deux tiers de sa hauteur, se déversait à l'ouest vers la plaine des Osmondes. En d'autres points et à diverses hauteurs, des coulées de même nature, mais de dimension plus réduite, serpentaient comme autant de courants sinueux, qui parfois s'arrêtaient à quelques mètres de leur point d'origine. La montagne, en un mot, semblait avoir de partout exsudé des laves.

On pouvait facilement se rendre compte du mode d'emission particulier de ces suintements de lave, en voyant, dans l'intérieur du cratère, les parois traversées en tous sens par des filons, qui parfois se projetaient en avant de la muraille en faisant une saillie de plusieurs mètres.

Ces filons, dirigés de bas en haut, représentent de grandes fentes verticales, remplies par la lave fondue, qui correspondent à chacune de ces petites coulées.

Les laves du fond, crevassées dans tous les sens, laissant échapper par bouffées, de place en place, des fumerolles, que le vent dissipait rapidement, formaient un plan horizontal, et sur le bord nord-est du cratère s'étendait en surplomb un revêtement de lave noire vitreuse, épais de plusieurs mètres, retombant dans l'intérieur du cratère en longues stalactites étirées à la base, comme celles qui demeurent suspendues aux chutes d'eau, par les fortes gelées d'hiver.

Cette lave, après s'être déversée lentement par le bord du cratère, s'était ensuite ainsi étirée quand son niveau avait baissé.

Quelques heures, en effet ,avant notre arrivée, les flancs de la montagne, cédant sous l'énorme pression de la gigantesque colonne de matières fondues qu'elle contenait, s'étaient entr'ouverts, et la lave soutirée par cette crevasse s'était échappée, avec violence, de la base du volcan.

Un fait digne de remarque, c'est que les laves, issues ainsi des parties profondes de la montagne volcanique, sont plus denses et plus basiques, c'est-à-dire moins riches en silice que celles qui s'élèvent jusqu'au sommet du cratère et se déversent par-dessus ses bords.

Ces laves supérieures, vitreuses et plus riches en silice, avec un poids spécifique de 2, 4, représentent en quelque sorte l'écume des coulées de la masse lavique. Dans leur émission, à la partie supérieure des cratères, les vapeurs et les émanations gazeuses doivent jouer un rôle considérable ; ce sont elles qui, portées à une tension considérable, tuméfient les matières fluides, les élèvent et les font surgir, au-dessus de l'orifice, à la manière du *champignon* qui se forme au-dessus du creuset, dans les laboratoires, quand on y dessèche certains sels. Leur extrême légèreté, leur structure boursouflée et jusqu'à l'aspect nacré des parois amincies de leurs vacuoles, semblent bien l'indiquer.

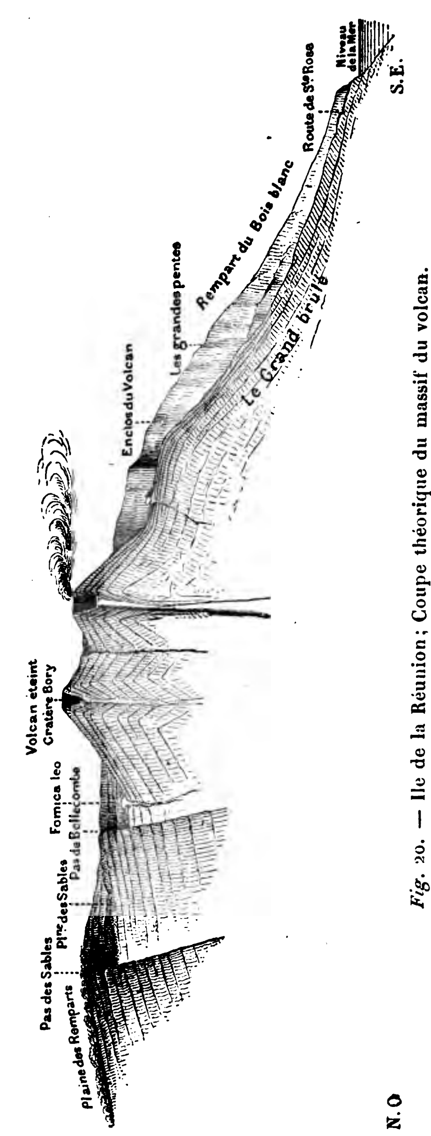


Fig. 20. — Ile de la Réunion; Coupe théorique du massif du volcan.

Tel était l'aspect des laves vitreuses émises par le cratère Dolomieu, en 1874, qui ne présentent, avec une teneur en silice relativement élevée (56, 20 pour 100) et par suite une faible densité (2,4), que des séparations cristallines, sous la forme de trichites et de microlithes de nature feldspathique ou augitique ; tandis que celle des coulées latérales, qui s'étaient répandues vers le rempart du Tremblet, plus dense (2,97), en même temps plus basique (silice 48,90 pour 100) contient en abondance des minéraux ferrugineux, tels que le péridot, l'augite et le fer oxydulé, enclavés dans un magma confusément cristallin, comprenant à l'état micro-

lithique ces mêmes éléments, avec un feldspath calcique, l'*anorthite*.

Ainsi, déversement d'une lave vitreuse, relativement riche en silice par-dessus les bords du cratère, puis soutirage par des crevasses latérales, ouvertes à niveau plus bas, d'une lave tout à la fois plus basique et plus dense, tels sont les deux phénomènes consécutifs présentés par l'éruption de 1874.

Ce fait peut se généraliser et doit être considéré comme représentant le jeu normal d'un grand nombre de volcans.

De ces deux sortes de coulées, les secondes sont de beaucoup les plus importantes, sous le rapport du volume des matières épanchées; ce sont elles qui, par suite de leur accumulation successive, contribuent pour beaucoup à accroître les talus du cône central et forment ainsi graduellement l'ossature de la montagne.

Les premières, beaucoup moins étendues, en se superposant régulièrement, n'ont pour effet que d'exhausser successivement le cône terminal qui prend alors, avec des pentes plus adoucies, une stabilité que ne possèdent pas les cônes de débris.

Volcans marins : île Saint-Paul. — L'île Saint-Paul dans l'océan Indien, longtemps considérée, avec Barren-Island de la baie de Bengale et la Caldeira de Palma aux Canaries, comme un type de ces cratères imaginaires dits *de soulèvement*, qui aurait dû par suite, pour être en accord avec cette théorie, surgir, toute formée, du sein d'un océan profond, à 500 lieues de toute espèce de terre, peut être citée comme un des meilleurs exemples de la régularité et de la stabilité que peuvent prendre les édifices volcaniques, établis par la lente et progressive accumulation d'un grand nombre de coulées issues par déversement d'un large orifice central.

L'examen des parois abruptes de cratère, qui représente actuellement un vaste cirque, de 1600^m de diamètre, en grande partie immergé et devenu, par suite, un lac d'une profondeur moyenne de 60^m, montre, en effet, que l'île tout entière est formée par des couches de lave de nature diverse, disposées en bancs épais, régulièrement superposés, faiblement inclinés vers l'extérieur ($20°$ à $30°$) et recoupés, dans le sens vertical, par de nombreux filons de même nature.

La disposition de ces dykes, qui, dans les falaises du nord, se présentent en saillie sous la forme de murs verticaux, est aussi en contradiction flagrante avec cette hypothèse. Une poussée violente, sur un espace aussi restreint que celui occupé par l'île Saint-Paul, comme le veut cette théorie, eût nécessairement altéré la verticalité de ces dykes.

Ce volcan, dont la formation ne remonte guère au delà de la période actuelle, s'est édifié, à la suite de violentes explo-



Fig. 21. — L'île Saint-Paul, vue dans le nord-est, par le travers de la roche quille (à bord de la Dives, en septembre 1874).

sions sous-marines, sur des amas de projections de nature ponceuse, qui forment maintenant, dans le nord-est, de hautes falaises dont les teintes vives et bariolées tranchent bien sur le ton sombre des laves noires, qui les traversent sous forme de dykes, et les enveloppent de toutes parts sous leurs puissantes coulées.

Ces projections, tumultueuses au début, ainsi qu'en témoigne la grande dimension des fragments de roche inclus dans ces conglomérats, (*fig.* 22) sont devenues ensuite plus modérées et plus lentes : c'est alors que se sont formés les tufs ponceux qui leur succèdent immédiatement et se signalent par la régularité de leurs assises.

La force d'explosion étant affaiblie par la résistance de l'eau, ces débris projetés s'accumulaient sur place en prenant la disposition stratiforme des roches de sédiment. Il s'est opéré là, en effet, une sorte de départ au milieu de ces produits volcaniques meubles, diversement modifiés par l'action de l'eau; les plus lourds, tels que les fragments d'obsidienne et de rhyolithe, ont gagné le fond, tandis que les fragments de ponce, longtemps tenus en suspension par suite de leur extrême légèreté, ne se sont déposés que, plus tard, en s'étalant au-dessus des conglomérats en lits minces et très continus.

Ces projections, ainsi entassées, ne dépassaient, pas encore le niveau de la mer, quand sont apparues des laves, visqueuses, riches en silice, et par consé-

quent peu fusibles, qui s'accumulèrent sur la bouche d'émission au lieu de s'étendre horizontalement comme les laves plus basiques. De nouveaux tufs (*tufs à palagonite*) qui se voient maintenant, dans les falaises du nord, entremêlés avec

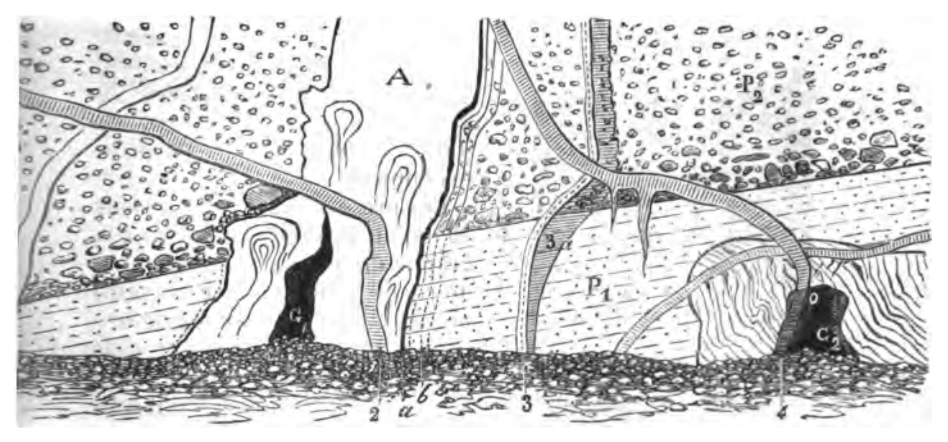


Fig. 22. — Détail de la base des falaises à l'extrémité nord-est de la baie des Manchots.

P_1, tufs ponceux; P_2, conglomérats ponceux et rhyolithiques; A, filon de dolérite; 1, 2, 3, 4, filons basaltiques; G_1, G_2, grottes naturelles.

les premières coulées de lave basaltique indiquent que ce cratère, d'abord incomplet et peu élevé, était encore, au début, envahi par les eaux marines. Il ne se compléta que plus tard, quand les masses en fusion devinrent assez abondantes pour remplir complètement le cratère et surtout assez fluides pour s'y maintenir à l'état permanent.

Les éruptions se firent alors tranquillement, sans secousses, sans projections violentes, les phénomènes éruptifs se limitant à de lentes oscillations qui exhaussaient le niveau de la lave et l'amenaient à se déverser par-dessus les bords du cratère. Ces coulées, recouvrant les pentes du volcan d'un manteau de feu pour ainsi dire continu, constituèrent de la sorte, par leur accumulation successive, ces superpositions régulières que nous avons signalées dans les parois du cratère, et qui ne sont pas moins nettes dans les falaises de la côte. Le cratère de l'île Saint-Paul, pendant cette période d'activité, devait être un immense lac de feu, en tous points comparable à ceux dont l'île Hawaï nous fournit encore des exemples.

Cette hypothèse explique seule la grande régularité de ses coulées et l'uniformité remarquable que chacune d'elles présente, dans sa texture, et dans sa composition chimique, aussi bien dans les falaises intérieures que dans celles qui règnent au pourtour de l'île (*fig.* 25).

Ces éruptions de lave ont joué le rôle principal pendant toute cette longue période, ainsi que le prouvent la rareté des produits meubles, le peu d'épaisseur des couches de scories

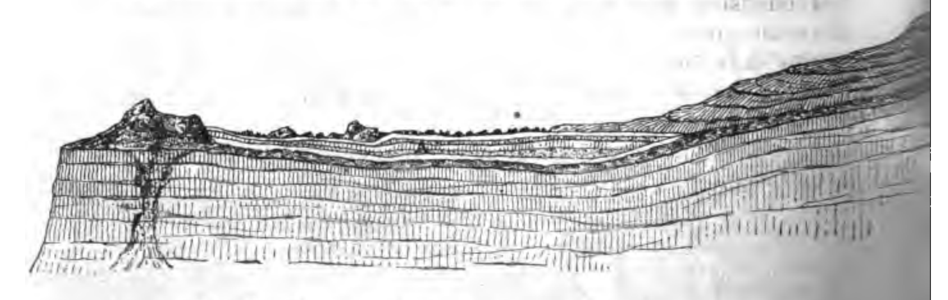


Fig. 23. — Coupe N.-O—S.-E, au travers du plateau qui aboutit à la pointe nord.

qui séparent chacune des coulées, et qui, loin d'être produites par des projections, ne sont souvent que de simples conglomérats de friction. Elles se firent d'abord d'une façon continue, pour ainsi dire non interrompue; car les alternatives d'activité et de calme ne s'observent que dans sa partie moyenne. En même temps, quelques foyers secondaires se firent jour, vers leurs extrémités, en des points assez éloignés du cratère principal, et donnèrent lieu à de petits monticules coniques formés de matériaux scoriacés (*fig.* 23 et 24).

La génération de ces cônes de scories ne semble pas avoir interrompu l'activité du foyer central, qui continua à fonc-

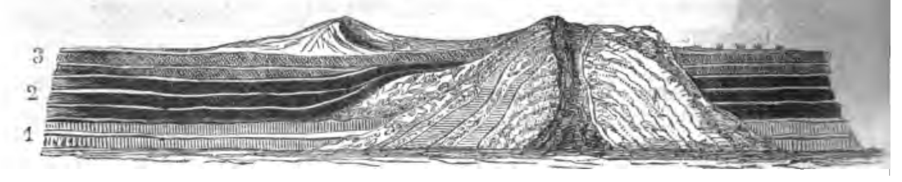


Fig. 24. — Cône adventif de débris de la pointe Schmith.
1. Laves basaltiques à anorthite. — 2, 3. Laves basaltiques à labrador.

tionner longtemps après leur apparition, mais en se ralentissant graduellement, de telle sorte que les périodes de repos devinrent de plus en plus marquées, jusqu'à ce que toute manifestation franchement éruptive cessât dans le cratère central.

C'est à ces émissions de roches acides, les *rhyolithes*, que l'île doit sa première apparition au-dessus des flots; elle leur doit également d'avoir vu son existence assurée. Un simple amoncellement de produits éruptifs incohérents, comme les tufs ponceux ou les trass, n'aurait pu offrir une résistance suf-

fisante aux mouvements d'une mer si agitée, et son existence eût été de courte durée, comme celle de tous ces îlots historiques qui n'ont été aperçus que pendant un temps très limité.

L'émission sous-marine des dépôts tufacés et des laves rhyolithiques qui ont suivi est encore attestée par la structure même et le mode particulier d'altération de ces roches. Leur état vitreux, la fréquence des fissures perlitiques, qui ne sont

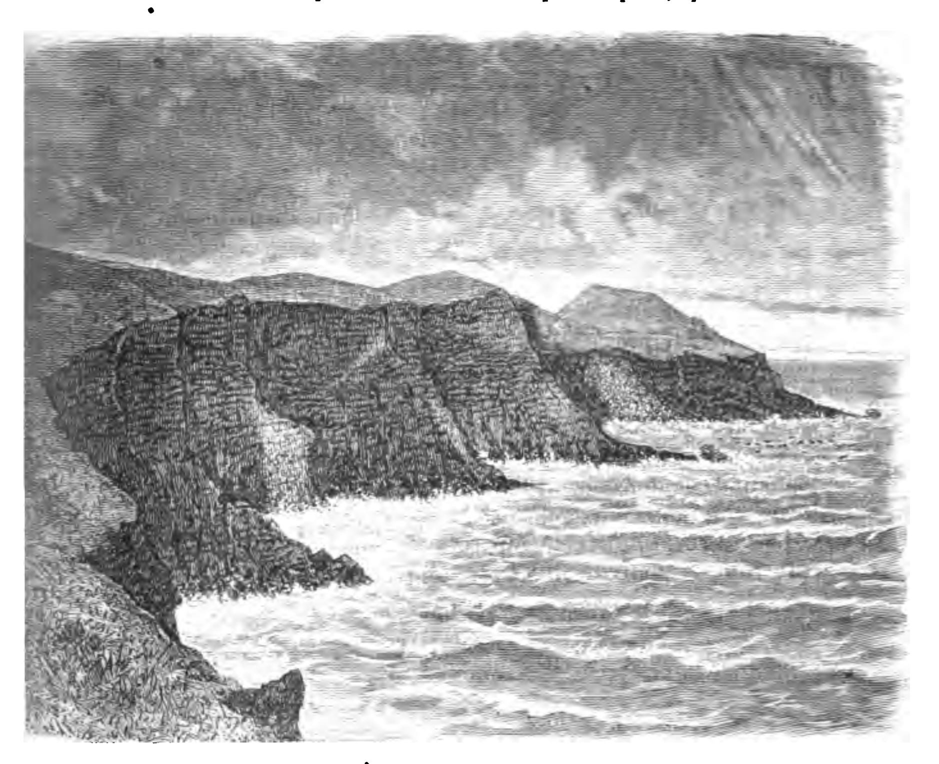


Fig. 25. — Falaises de l'île Saint-Paul (côte ouest) montrant les coulees de lave successives, directement superposées, sans intercalation de projections.

autres que des fentes de retrait, indiquent qu'elles ont été soumises à un refroidissement brusque, au contact des eaux marines.

La formation du cratère a été tardive et correspond à une nouvelle phase d'activité pendant laquelle les produits épanchés se sont trouvés très différents des anciens. Autour de l'îlot primitif, des projections subaériennes de cendres et de scories, provoquées par une production considérable de gaz et de vapeurs, se sont faites alors, et, retombant autour de leur orifice de sortie, suivant des lois connues, elles ont édifié un cône volcanique d'où sont sorties à leur tour des coulées de

laves. C'est à cet appareil subaérien que sont alors dues les nombreuses alternances de laves et de scories qui forment les falaises intérieures du cratère, ainsi que le versant extérieur de l'île, et la bouche d'émission, qui a produit toutes ces coulées, n'est autre que la baie occupée aujourd'hui par la mer, agrandie sans doute, par suite, d'éboulements et d'explosions successives.

Actuellement ce cratère ébréché dans l'est, par suite d'une fracture qui a provoqué l'affaissement de toute la pointe orientale de l'île, dont la forme était autrefois quadrangulaire, ne révèle plus sa vraie nature, que par sa forme, et par quelques sources thermales, accompagnées de fumerolles, autrefois très actives, qui ne rejettent plus, avec de l'air appauvri en oxygène, que de la vapeur d'eau.

Ces sources chaudes et ces émanations gazeuses sont la marque d'un foyer volcanique à son déclin; elles se substituent à l'émission des laves et représentent le dernier souffle d'un volcan qui s'éteint.

Telle est l'histoire, maintenant bien connue, de l'île Saint-Paul; c'est, en somme, celle de tous les volcans marins. Leur mode de formation comporte ainsi une explosion violente, suivie de projections sous-marines, auxquelles succèdent l'émission des laves, qui fait place, ensuite, aux dégagements ordonnés des fumerolles, dont les dernières consistent en vapeur d'eau presque pure.

Nous avons déjà vu que le célèbre groupe volcanique de Santorin n'a pas d'autre origine. Il en a été de même pour Barren-Island et Palma.

Apparition d'îles nouvelles : île Julia. — Il est de ces volcans marins dont l'apparition subite au-dessus des eaux a été suivie d'une destruction pour ainsi dire immédiate.

L'archipel des Açores a été souvent le théâtre de pareils faits. Les années 1658, 1691, 1720 ont vu surgir du sein des flots des cônes temporaires de scories, dont l'existence a été de courte durée.

En 1812, dans les mêmes parages, on vit s'élever une île nouvelle qui n'était autre que le sommet d'un grand cône de débris; pendant six jours, de son sommet, jaillirent des torrents de vapeur avec projections de cendres et de scories, et bientôt elle atteignit ainsi 90^{m} de hauteur. Son apparition et son accroissement furent observés avec beaucoup de soin par le capitaine Tillard, de la marine anglaise, qui prit possession de l'îlot au nom de l'Angleterre en lui donnant le nom de *Sabrina*. Aujourd'hui la place de Sabrina est marquée par une mer profonde; quelques semaines, en effet, après son apparition, l'îlot, balayé par les vagues, s'effondrait sous la mer et avec lui disparaissait la nouvelle possession anglaise.

On conçoit aisément l'instabilité d'un tel appareil, formé de matériaux meubles, au milieu d'une mer agitée; démoli pierre à pierre, sous le choc répété des vagues, il est forcément condamné à disparaître. Ces débris étalés, au fond de l'Océan, vont former des *tufs volcaniques*, dont les éléments, empruntés ainsi à l'activité interne du globe, sont ensuite soumis au travail de sédimentation des eaux.

Ile Julia. — L'éruption sous-marine qui donna naissance à l'*île Julia*, dans la Méditerranée, en 1831, a été suivie avec beaucoup de soin par Constant Prévost, à qui nous devons une relation exacte des diverses phases par lesquelles elle a passé avant de disparaître complètement.

Elle aussi vit flotter le drapeau anglais sur ses pierres encore fumantes, alors que les navigateurs se disputaient le nom qu'il fallait lui donner. C'est ainsi que successivement, pendant sa période d'accroissement, elle a porté les noms de *Julia, Fernandinea, Nerita, Graham* et *Siacca.*

Son apparition, en juin 1831, eut pour prélude quelques secousses qui furent ressenties par un capitaine anglais, qui crut toucher un banc de sable en un point, situé au sud des plages de Selinonte, en Sicile, où les cartes marines marquaient cent brasses d'eau.

Au commencement de juillet, des explosions amenèrent, au même endroit, la projection de gerbes d'eau qui, sur un diamètre de 800^m, s'élevaient à 25^m de hauteur. Dix jours après un amas de scories, creusé d'un cratère au sommet, affleurait au-dessus de l'eau, lançant des torrents de fumée blanche et de cendres. Tout autour de l'îlot la mer écumante était couverte de scories brunes et de poissons morts.

En août son élévation était de 60^m sur 4800^m de tour. Puis l'éruption ayant pris fin, l'œuvre de démolition commença et, conformément à la prédiction de Constant Prévost, le talus de débris, sapé à la base par les vagues et les courants, disparut peu à peu. Le 29 du même mois, alors que le roi de Naples revendiquait sa possession, sa circonférence n'était plus que de 700^m. Le cratère avait complètement disparu et vers la fin d'octobre un monticule de scories et de cendres s'élevait seul au-dessus de l'eau, sur un emplacement où la sonde devait indiquer deux mois plus tard 220 mètres d'eau.

Ce que le feu a produit, l'eau s'acharne ainsi à le détruire, et dans cette lutte elle reste victorieuse, quand l'édifice volcanique ainsi construit ne résulte que de la seule accumulation des projections rejetées par l'explosion initiale et que l'éruption s'arrête avant l'arrivée des laves.

(*La suite prochainement.*)

Note pour servir à l'histoire de la formation de la houille.

Par M. B. RENAULT.

Lorsqu'on réduit en lames minces et transparentes des fragments de houille pris au hasard, on ne distingue généralement dans les préparations aucune trace d'organisation végétale; parfois seulement quelques débris de trachéides rayées et ponctuées, quelques groupes peu importants de cellules diverses apparaissent au milieu du charbon devenu jaune brun en laissant tamiser la lumière.

Il n'en est plus de même si l'on opère sur des fragments choisis à la loupe et présentant à leur surface, sous un éclairage convenable, des indices d'organisation; l'intérieur peut alors être soumis utilement à l'examen microscopique.

La houille offrant ce caractère extérieur favorable se trouve assez fréquemment sous forme de rognons dans les parties un peu argileuses du combustible exploité ou même constitue des bancs d'une notable épaisseur dont les feuillets montrent à la surface, soit des empreintes variées de feuilles, soit des cicatrices corticales de Sigillaires, Lépidodendrons, etc.

J'ai signalé autrefois (¹) la structure conservée de certains fragments de jayet trouvés dans les schistes de Polroy, près d'Autun, et celles de feuilles de *Cordaïtes* de Saint-Étienne; depuis lors, sur l'invitation de M. Fayol, l'habile directeur des houillères de Commentry, j'ai examiné de nombreux fragments de houille recueillis, soit au milieu même des couches exploitées, soit autour du moule interne de troncs variés, et dans presque tous les cas j'ai rencontré une structure conservée.

Dans la première partie de cette Note, il ne sera question que de quelques-uns de ces troncs dont le nombre *dépasse* deux cents et qui tous ont été relevés et cotés avec soin par M. Fayol.

Les uns sont couchés horizontalement ou inclinés, les autres sont debout, tous possèdent une enveloppe de houille noire, brillante, se conduisant avec les réactifs comme la houille ordinaire, et dont l'épaisseur, suivant les troncs, varie de $0^m,002$ ou $0^m,003$ jusqu'à $0^m,05$ et $0^m,06$.

Quelle que soit leur position, ils sont cimentés par un grès fin, argileux, blanc jaunâtre, non imprégné de houille ou de

---

(¹) *Cours de Botanique fossile*, p. 15 et 89, 1880, où je fais remarquer que l'épaisseur d'une feuille de Cordaïte transformée en houille est en moyenne $0^{mm},07$, tandis que celle de la même feuille silicifiée varie de $0^{mm},5$ à $0^{mm},7$.

bitume, isolés les uns des autres et éloignés des veines de charbon en exploitation.

La houille qui les recouvre ne peut donc provenir d'une infiltration quelconque et résulte de la transformation même des tissus végétaux.

Des préparations faites dans des directions choisies montrent une conservation inespérée, le bois et l'écorce présentant encore la plupart de leurs éléments caractéristiques.

Grâce à cette conservation, j'ai pu rapprocher un certain nombre d'entre eux de ceux que l'on rencontre à l'état silicifié, mais fragmentaire, dans les gisements d'Autun et de Saint-Étienne et, par suite, compléter l'étude de ces derniers par celle de troncs actuellement connus extérieurement sur une longueur de 8^m à 10^m.

Un fait important découle de la comparaison des organes élémentaires des tissus selon qu'ils sont transformés en houille ou bien suivant qu'ils sont conservés par la silice ou le carbonate de fer : c'est celui de la diminution des éléments convertis en houille sur toutes leurs dimensions.

En effet, sur une coupe transversale d'*Arthropitus bistriata,* les trachéides se présentent serrées les unes contre les autres; un mince filet plus clair qui les sépare permet de les distinguer avec un grossissement de 200 diamètres. Sous la pression lente, mais continue, des terrains d'alentour, leurs parois latérales, celles qui portent les ornements rayés, sont venues se toucher, et, la cavité interne disparaissant, leur section actuelle est une ellipse aplatie à contour sinueux.

Sur une coupe longitudinale radiale, c'est-à-dire faite dans le sens où la trachéide présente *maintenant* la plus grande largeur, cette dimension atteint la moitié ou les deux tiers à peine de celle d'une trachéide semblable prise dans un échantillon silicifié; en outre, sur une *même* longueur, le nombre des ornements rayés est dans le rapport de 3 à 2. La première s'est donc raccourcie d'un tiers environ.

Dans un échantillon d'*Arthropitus gallica* dont le bois est *partie* carbonaté, *partie* converti en houille, on compte, sur une longueur des trachéides de $\frac{1}{10}$ de millimètre, quatorze raies dans la région transformée en houille et dix seulement dans celle qui est carbonatée; le rapport des largeurs correspondantes des trachéides est comme 1 à 2.

L'analyse chimique d'une houille provenant *uniquement* de bois de *Cordaïte,* d'*Arthropitus,* dans lequel il n'y a aucun organe sécréteur, de *Sigillaires,* celle au contraire qui a été produite par la partie subéreuse des écorces de *Syringodendron, Lepidodendron,* etc., ou bien encore de celle qui résulte de l'agglomération de racines serrées les unes contre les autres de *Psaronius,* ne peut manquer d'offrir un grand in-

térêt, si elle montre que la composition de la houille est liée à celle des éléments d'où elle dérive.

De ce qui précède il résulte :

1° Que, dans beaucoup de cas, la houille ne peut provenir que de la transformation sur place des éléments qui constituent les végétaux et dont elle a conservé la figure;

2° Que le bois, aussi bien que l'écorce, a contribué à la formation de la houille;

3° Qu'en se convertissant en houille, les éléments organiques, cellules, trachéides, ont diminué de grandeur sur toutes leurs dimensions dans un rapport que l'on peut déterminer et dépendant de la densité primitive de la matière organique constituante.

Dans la seconde partie de cet article je vais préciser les caractères extérieurs de la houille qui permettent l'identification dont je viens de parler; je commencerai par la famille des *Calamodendrées*. Cette famille comprend les trois genres suivants :

Calamodendron Br., *Arthropitus* Goep. et *Asolenoxylon* B. R.

La famille est caractérisée par des tiges et des rameaux articulés, à moelle volumineuse, souvent réduite, dans les grosses tiges, à de simples diaphragmes correspondant aux articulations. Les coins ligneux font saillie du côté de la moelle; le moulage de celle-ci a donc donné de nombreuses *formes* calamitoïdes. Le bois est composé de trachéides rayées, réticulées ou ponctuées; l'écorce est lisse à la surface, relativement peu épaisse et généralement cellulaire. Les racines adventives sont verticillées, possèdent du bois *secondaire*, et, lorsque le bois primaire est bipolaire, son plan est orienté *parallèlement* à l'axe de la tige. Les rameaux sont également verticillés et naissent à l'aisselle d'une feuille. Les rayons médullaires sont formés de cellules parallélépipédiques dont la hauteur *surpassse* toujours les autres dimensions.

Les fructifications mâles sont spiciformes et les bractées fertiles *paraissent* porter à leurs faces inférieures des sacs polliniques ?

Il est possible que certaines graines du type *Stephanospermum* se rattachent à cette famille.

Genre *Calamodendron*. Les tiges appartenant à ce genre présentent, dans les régions dépourvues de rameaux, des articulations espacées (0^m,15 à 0^m,40).

Dans les parties au contraire qui en sont pourvues, les entrenœuds se réduisent à quelques centimètres. Les articulations ainsi rapprochées se succèdent quelquefois pendant longtemps et peuvent dépasser le nombre de cinquante; elles reprennent ensuite leur écartement primitif pour se rapprocher encore lors d'une nouvelle émission de rameaux. Ces derniers sont

tantôt disposés régulièrement en quinconce sur chacune des articulations qui se suivent (*Cal. congenium*), tantôt ils n'apparaissent qu'à certains intervalles et sur un petit nombre d'entre elles (*Cal. striatum*).

Les coins ligneux des rameaux et des tiges sont entourés, sauf sur leur côté périphérique, d'une gaine prosenchymateuse qui s'accroît en même temps que le bois, du centre à la circonférence; entre les gaines de deux coins voisins se trouve une lame mince du tissu fondamental secondaire.

Sur une coupe transversale ou bien longitudinale tangentielle, le bois se montre composé de bandes rayonnantes ou parallèles alternant régulièrement et d'aspect différent, les unes formées par le tissu ligneux, les autres par les gaines prosenchymateuses. Dans le *Calamodendron congenium*, les bandes fibreuses l'emportent sur les bandes ligneuses; le contraire a lieu pour le *C. striatum*. Chaque coin ligneux est muni, vers son extrémité interne, d'un canal longitudinal. Le liber ne possède que des éléments mous.

L'écorce, peu épaisse, est entièrement cellulaire et lisse à la surface.

Les racines adventives renferment de sept à dix faisceaux primaires centripètes, acquièrent du bois secondaire et sont pourvues d'une écorce épaisse et cellulaire creusée de lacunes.

La houille de Calamodendrons recueillie soit dans les lentilles ou rognons épars dans les couches exploitées, soit autour des troncs isolés et longs de plus de 10^m, a conservé les principaux caractères énumérés plus haut et relevés dans les échantillons silicifiés.

En effet, sur les cassures fraîches, on y reconnaît, à l'œil nu ou aidé de la loupe, les bandes alternantes caractéristiques du genre, les unes plus brillantes, les autres plus mates d'aspect; l'analyse microscopique a montré que les bandes brillantes correspondaient aux gaines prosenchymateuses; on y distingue la lame de tissu fondamental secondaire qui sépare les coins ligneux; les bandes plus ternes sont dues au tissu ligneux qui, suivant les espèces, est composé de trachéides rayées, ponctuées et réticulées.

Les mêmes différences d'épaisseur entre les bandes ligneuses et leur gaine, qui distinguent le *Cal. congenium*, et le *Cal. striatum*, se conservent dans la houille provenant de leur bois, que ces bandes soient restées dans leur position rayonnante naturelle, ou que, sous la pression des terrains environnants, elles se soient repliées diversement en zigzag. L'épaisseur de la couche de houille peut mesurer $0^m,04$ à $0^m,05$ dans la première de ces espèces; elle est un peu plus faible dans la dernière, qui ne paraît pas avoir atteint la même hauteur verticale.

L'épaisseur moyenne d'un coin ligneux et de sa gaine transformés en houille, dans le *C. striatum*, est de $1^{mm},3$; dans le *C. congenium*, elle est de $0^{mm},55$. La contraction éprouvée par les éléments organiques en se transformant en houille varie de la moitié au cinquième des dimensions primitives et dépend, en partie, des compressions extérieures que la plante a subies. Les sillons longitudinaux internes correspondant à l'étui médullaire se reconnaissent assez bien sur les fragments de houille qui environnent la moelle, mais sont moins marqués que dans le genre *Arthropitus;* cela tient à la faible épaisseur de la lame de tissu fondamental séparant les coins ligneux dans les Calamodendrons.

Les préparations pour le microscope ne font pas voir de houille provenant de l'écorce, soit que la pellicule en soit trop faible ou les tissus trop écrasés, soit qu'elle se fût détachée avant sa transformation en houille.

Halo solaire.

Note de Dom LAMEY.

Nous avons été témoin le 24 novembre dernier, à Grignon (Côte-d'Or), d'un halo solaire, phénomène assez rare dans nos contrées pour qu'il vaille la peine d'être signalé. A 33° environ au-dessus du Soleil, on voyait un arc de cercle tricolore (rouge, jaune, bleu) dont l'amplitude était d'environ 19°; ces deux mesures ont été obtenues au moyen du théodolite, mais d'une manière qui ne comportait pas une grande exactitude. En complétant idéalement le cercle de cet arc, d'après un croquis, j'ai trouvé pour son diamètre une valeur sensiblement égale à 33°, c'est-à-dire, à sa distance en arc, du Soleil au bord du halo; mais c'est une valeur minima et le degré d'exactitude du dessin permet de porter la valeur maxima à 40 ou 41°; dans ce dernier cas la distance des deux centres, du halo et du Soleil, serait encore supérieure, à 41°, d'environ 8°.

Les cornes du halo convexe vers le Soleil étaient également relevées vers le zénith, les deux centres étant, comme toujours, sur une même ligne verticale.

Le phénomène a duré une demi-heure; il était dans toute son intensité à $11^h 40^m$ et disparaissait à l'heure de midi, alors que le ciel était devenu relativement serein, de brumeux qu'il était d'abord. Les couleurs du spectre étaient ternes, même dans les parties les plus vives du croissant; le bleu verdâtre occupait le côté concave de l'arc, un rouge brique terminait le bord convexe.

Le Gérant : E. COTTIN,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE
RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.
Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

BULLETINS HEBDOMADAIRES N°s 194 ET 195.
16 et 23 décembre 1883.

L'Expédition du « Talisman » (1);

Par M. A. MILNE-EDWARDS,
Membre de l'Institut,
Président de la Commission des dragages sous-marins.

Le 17 février de l'année dernière, j'avais l'honneur de vous rendre compte des premières explorations sous-marines du *Travailleur;* depuis cette époque, des recherches nouvelles ont été faites, des résultats importants ont été acquis : ce sont eux que je vais chercher à mettre sous vos yeux.

La première expédition du *Travailleur* date de 1880 : c'était une campagne en quelque sorte improvisée; elle fut limitée au golfe de Gascogne, et certainement on était loin de s'attendre à la riche moisson de faits nouveaux qui en fut la conséquence; aussi, l'année suivante, le gouvernement décida que ces explorations seraient continuées et le *Travailleur* étendit le champ de ses recherches jusqu'à la Méditerranée, en contournant la péninsule ibérique et en jetant partout la sonde et la drague. En 1882, le même bâtiment reprit pour la troisième fois sa mission; il explora l'océan Atlantique jusqu'aux îles Canaries et revint en France chargé d'un riche butin. A raison des conditions particulières dans lesquelles cette dernière campagne avait été entreprise, bien des points seulement entrevus n'avaient pu être complètement étudiés. En effet, le *Travailleur* est un aviso à roues, destiné au service du port de Rochefort; il n'a pas été construit pour exécuter de lointains voyages; sa marche n'est pas assez rapide, et la provision de charbon qu'il peut embarquer ne suffit qu'à sa consommation d'une semaine environ : il lui est donc impossible de s'éloigner beaucoup des côtes, et il doit rester à proximité des dépôts de houille. Aussi, dès mon retour, en 1882, ai-je beau-

(1) Communication faite à la Société de Géographie, le 21 décembre 1883.

coup insisté pour qu'un navire plus grand et pourvu d'une machine plus puissante fût affecté aux recherches sous-marines. La Commission des missions, qui s'intéressait très particulièrement à ces études, voulut bien appuyer ma demande; le Ministre de l'Instruction publique l'accueillit avec le plus grand empressement et, grâce à son intervention, l'amiral Jauréguiberry, alors Ministre de la Marine, donna les ordres nécessaires pour qu'un éclaireur d'escadre, *le Talisman*, fût aménagé en vue d'une campagne d'exploration sous-marine.

Le *Talisman* est un excellent navire à hélice, pourvu d'une voilure puissante qui suffit à lui imprimer, sans le secours de sa machine, une marche rapide; avec lui, on peut aller partout; et il y a quelques années, dans les mers de la Chine et, dans les parages du cap Horn, où la navigation est pénible et dangereuse, il a donné la mesure de ses qualités nautiques.

Pour un voyage tel que celui qui se préparait, il ne suffit pas de s'embarquer, d'allumer les feux et de partir : il faut des installations spéciales, longues, difficiles et coûteuses à réaliser. Aussi, pendant plusieurs mois, le *Talisman* fut-il placé entre les mains des Ingénieurs du port de Rochefort, qui se chargèrent de l'adapter au service qu'il devait remplir. Il fut l'enfant gâté de tous, et rien ne fut ménagé pour rendre sa mission facile.

Les moyens d'action dont nous disposions à bord du *Travailleur* étaient peu puissants; on avait pris ce qui existait dans les arsenaux. Quelques dragues, des câbles de chanvre de différentes grosseurs et un petit treuil à vapeur nous avaient permis d'atteindre des profondeurs considérables, mais avec beaucoup de peine et en employant un temps fort long. A bord du *Talisman*, les cordes de chanvre destinées aux dragages furent remplacées par un câble de fil d'acier offert à la Marine par le Ministre de l'Instruction publique, et d'une solidité, d'une flexibilité extrêmes; il était composé de six torons de sept fils chacun, tordus autour d'une âme de chanvre; il n'avait que $0^{m},01$ de diamètre, et cependant il pouvait sans se rompre supporter une traction de près de 4500^{kg}. Le poids d'un mètre était de 344^{gr}; le prix, beaucoup moins élevé qu'on aurait pu le supposer, était de $1^{fr},50$ le kilogramme, c'est-à-dire de $0^{fr},62$ environ le mètre [1]; 8000^{m} étaient enroulés autour d'une grosse bobine de fonte mue par une petite machine à vapeur de la force de 10 chevaux; 4000^{m} étaient en réserve pour parer aux accidents, ou pour s'ajouter, s'il y avait lieu, à la ligne de drague.

(1) Ce câble avait été fabriqué par les forges de Châtillon et Commentry.

Pendant toute la campagne, ce câble n'a cessé de faire notre admiration; grâce à lui, tout était simplifié : pas d'encombrement, pas de crainte de rupture; il était de force à retenir le navire comme la chaîne d'une ancre, il pouvait se nouer et ensuite se redresser sans perdre sensiblement ses qualités de résistance. Parfois son extrémité s'emmêlait sur une longueur de plusieurs centaines de mètres et revenait à bord dans un désordre presque inextricable; mais, quand on était parvenu à débrouiller ses innombrables nœuds, la solidité du câble n'était pas compromise. Pour relever les dragues et les filets, un treuil à vapeur était disposé de façon que sa marche fût en rapport constant avec celle de la bobine; sa force était de 20 chevaux.

Ces deux machines sortaient des ateliers de M. Leblanc, et la construction en avait été surveillée avec un soin constant par M. Godron, ingénieur de la Marine. Elles appartiennent au même type que celles du navire américain *Blake*, installé spécialement pour exécuter des dragages profonds et dont le matériel a été décrit avec détail dans un ouvrage publié par le commandant Sigsbee (1).

Une chaudière placée sur le pont fournissait la vapeur à tous les appareils.

Au lieu d'être mouillées à l'arrière, comme sur le *Travailleur*, nos dragues se manœuvraient par le travers du bâtiment et, afin de rendre moins sensibles les secousses provenant des mouvements du navire ou résultant du traînage des engins on avait disposé sur le trajet du câble d'acier un régulateur de tension ou *accumulateur* formé de disques de caoutchouc maintenus par une armature métallique et s'écrasant plus ou moins, suivant la force de traction exercée sur la ligne.

De grands filets ou *chaluts* de 2^m à 3^m d'ouverture remplaçaient avantageusement les lourdes dragues que nous employions autrefois; les avantages qu'ils présentent sont incontestables; ils balayent une étendue bien plus grande en tamisant la vase ou le sable à travers leurs mailles : aussi peut-on les traîner sur le fond pendant plusieurs heures; ils retiennent les animaux qu'ils rencontrent, tandis que les dragues, à peine parvenues sur le limon, se remplissent jusqu'à la bouche d'un limon qui ne s'y renouvelle pas et qui ne fournit guère qu'un échantillon du fond.

Nos chaluts ont admirablement fonctionné; ils reproduisaient, avec quelques modifications de détails, le modèle imaginé par A. Agassiz et adopté à bord du *Blake*, et c'est à eux que nous devons les admirables récoltes qui ont été faites; ils ne nous ont jamais fait défaut et, jusqu'à plus de 5000^m, ils ont donné

(1) *Deep-Sea sounding and dredging*. Washington, 1880, in-4°.

d'aussi bons résultats que ceux que nos pêcheurs obtiennent en traînant leurs engins à quelques brasses de profondeur. Souvent ils sont revenus à bord chargés de pierres d'un poids énorme et qui nous ont donné la mesure de la solidité des enveloppes du filet qui les contenait. Les dragues ne nous ont servi que dans les fonds rocheux où les filets se déchiraient et restaient accrochés.

Les sondages se faisaient avec le fil d'acier et le sondeur à déclanchement. M. Thibaudier, ingénieur de la Marine, avait perfectionné l'appareil de façon à le laisser agir automatiquement; aussitôt que le poids avait touché le fond, le fil cessait de se dérouler, la machine s'arrêtait. Ce résultat était obtenu au moyen d'une sorte de chariot sur lequel passait le fil et qui montait ou descendait sur des rails suivant que la tension était plus ou moins grande, serrant ou desserrant les freins de la bobine. A chaque mouvement de roulis, ce régulateur agissait avec une grande précision, maintenant toujours le fil bien tendu et indiquant le moment précis où le sondage était terminé.

Au-dessus du tube sondeur étaient attachés les thermomètres : tantôt ceux de Miller-Casella, à maximum et minimum, tantôt un appareil nouveau que j'avais fait construire et qui produisait à point donné le retournement d'un thermomètre à colonne mercurielle brisée. Ce retournement se faisait au moment où les poids, se détachant du tube sondeur, abaissaient dans leur chute le levier maintenant le thermomètre et permettaient à celui-ci de basculer.

En même temps, des tubes de verre, à parois épaisses et fermés à la lampe d'émailleur après que le vide y avait été fait, étaient attachés au tube protecteur du thermomètre; le mouvement de bascule de celui-ci brisait leur extrémité effilée en tube capillaire : l'eau s'y précipitait alors pour remplir le vide intérieur et n'en pouvait plus sortir, à raison du faible diamètre de l'orifice d'entrée; on avait donc ainsi un échantillon puisé à la profondeur voulue et qu'il était facile de conserver en scellant le tube à la flamme d'une lampe. Une machine spéciale Brotherhood était chargée du service du sondeur, qui devenait ainsi indépendant de celui des dragues.

Des lampes électriques du système Edison avaient été installées pour permettre les travaux de nuit et pour éclairer la mer à des profondeurs qui n'ont pas dépassé 35^m.

Une machine Gramme, que notre confrère le Colonel Perrier avait bien voulu me prêter, fournissait l'électricité; elle était mise en action par un second moteur Brotherhood, placé à côté de l'appareil de sondage.

Le *Talisman* se trouvait donc armé en vue d'une campagne scientifique et l'état-major avait été choisi dans ce but. Sur ma

demande, le commandement en avait été donné à M. Parfait, capitaine de frégate qui, l'année précédente, occupait le même poste à bord du *Travailleur;* M. Antoine, lieutenant de vaisseau, avait été désigné comme second. M. Jacquet, lieutenant de vaisseau, et M. Bourget, enseigne, qui avaient déjà fait deux des campagnes du *Travailleur,* étaient encore une fois nos collaborateurs; enfin M. Gibory, enseigne de vaisseau, M. Vincent, médecin de 1re classe, M. Huas, médecin auxiliaire, et M. de Plas, officier d'administration, complétaient l'état-major.

Qu'il me soit permis ici d'exprimer aux officiers du *Talisman* toute la reconnaissance que nous a inspirée leur dévouement; ils se sont associés de tout cœur à notre œuvre. Nos opérations se succédaient sans interruption; commencées dès le jour, elles continuaient souvent à la nuit et exigeaient une attention de tous les instants; il fallait coordonner l'action des machines à vapeur, surveiller la descente et la montée des dragues, la direction et la tension du câble, et pour cela des manœuvres continuelles étaient indispensables. Il fallait pendant nos dragages déterminer plusieurs fois la profondeur; c'était un travail incessant qui s'ajoutait aux nécessités du service ordinaire du bord, et cependant il était toujours fait avec une ardeur qui ne s'est jamais démentie. L'équipage tout entier prenait intérêt à nos recherches et, au bout de quelques jours de navigation, nous étions souvent surpris en entendant de simples matelots désigner sous leur nom scientifique les animaux trouvés dans nos filets.

Le 30 mai, la Commission scientifique [1] se réunissait à Rochefort. L'accueil le plus sympathique lui avait été préparé par la Société de Géographie et par son digne président, M. l'amiral Juin, et, lorsque le soir j'eus l'honneur d'exposer devant elle les résultats de nos explorations, la population de Rochefort nous a donné la preuve de l'intérêt qu'elle prenait aux recherches scientifiques et en particulier à celles du *Travailleur* et du *Talisman.*

Tout avait été prévu à bord du *Talisman* pour recevoir les naturalistes : aussi l'installation y fut rapide. Chacun prit possession de sa cabine.

Les aquariums, les microscopes, les loupes, les instruments de dissection, les livres, les bocaux, l'alcool, furent déposés dans le laboratoire construit sur le pont et où chaque chose devait trouver sa place.

---

[1] Composée de M. A. Milne-Edwards, de l'Institut, Président, et de MM. de Folin, L. Vaillant, E. Perrier, H. Filhol et F. Fischer, auxquels étaient adjoints MM. Ch. Brongniart et Poirault. M. Marion, membre de la Commission, avait été retenu au dernier moment par ses fonctions universitaires et n'avait pas pu s'embarquer.

Ce n'était pas une petite besogne que de loger dans un espace aussi restreint ce qui devait servir à un nombreux personnel pendant une campagne de trois mois, et de tout disposer de façon que les mouvements du navire ne pussent amener aucun accident. Aussi, pas un petit coin qui n'eût sa destination : les murs, le plafond disparaissaient sous les objets de toute sorte rangés de la manière la plus commode.

Une chambre noire avait été disposée pour le service de la photographie; pendant toute la campagne, M. Vaillant y établit ses appareils et ses réactifs, et grâce à lui nous eûmes une série d'excellents clichés reproduisant les divers épisodes du voyage.

Chacun des naturalistes avait sa place marquée, mais il devait à tout instant en surveiller les frontières qui étaient l'objet des incursions des voisins, puis courir après ses scalpels, ses crayons ou ses pinceaux, que le roulis dispersait de tous côtés, pendant que l'eau ou l'alcool des cuvettes de dissection se répandait sur les genoux des travailleurs. Il faut un certain temps pour s'habituer à vivre dans des conditions d'instabilité perpétuelle; il semble d'abord que toute observation microscopique et tout dessin sera impossible; puis, peu à peu, l'œil et la main se font au balancement du roulis et, à condition d'avoir une chaise et une table solidement fixées, on arrive à se trouver relativement à son aise et à pouvoir travailler assez facilement.

L'expédition de 1883 peut se subdiviser en plusieurs étapes distinctes; nous avions pour but d'étudier : 1° la côte d'Afrique jusqu'au Sénégal, puis les abords des îles du cap Vert, des Canaries et des Açores, terres volcaniques qui ne pouvaient manquer de nous fournir des faits intéressants, et enfin nous comptions porter notre attention sur la mer des Sargasses au point de vue de sa faune et de la nature de ses fonds.

Sur la côte d'Espagne et dans la baie de Cadix, quelques sondages et dragages furent tentés à titre d'essai; il était prudent, avant de s'éloigner de l'Europe, de s'assurer que tout fonctionnait bien. Nos filets ramenaient bon nombre d'animaux, Crustacés et Mollusques, que l'on considérait comme appartenant en propre à la faune méditerranéenne : c'était une confirmation des faits que nous avions déjà constatés dans les campagnes précédentes. Dans une de nos premières opérations sur la côte d'Espagne, nous trouvions une accumulation de coquilles mortes ayant l'aspect des fossiles pliocènes de Ficarazzi, en Sicile, et parmi lesquelles M. Fischer reconnut la *Cypridina islandica* et la *Mya truncata*, qui sont communes dans les mers boréales et ne dépassent pas le sud de la Bretagne; elles étaient associées à des coquilles méditerranéennes ou plio-

cènes ([1]). En approchant de Cadix, la localisation des espèces était fort remarquable. Ce fut d'abord un banc de grosses Huîtres comestibles associées à d'énormes Moules et à des Avicules que notre drague rencontra par 60 à 80^m; un peu plus loin le filet revenait chargé de milliers de Comatules, plus loin encore les Comatules avaient disparu et étaient remplacées par d'innombrables Pennatules.

Les fonds qui s'étendent à l'ouest du Maroc et du Sahara sont d'une très grande régularité; on n'y trouve plus ce relief tourmenté des côtes d'Espagne où les vallées et les montagnes sous-marines s'entrecroisent et rendent les dragages difficiles. Au contraire, la pente est douce et, en s'éloignant plus ou moins de la terre, on peut trouver presque à coup sûr la profondeur que l'on recherche. Le lit de l'Océan est couvert d'une couche d'une vase très fine qui paraît fort épaisse et dont la couleur varie du gris au brun foncé; ce limon est en majeure partie formé de Globigérines; les animaux qui vivent à sa surface sont nombreux et leur espèce varie suivant la profondeur. Au bout de quelques jours, nous connaissions assez bien la distribution bathymétrique des animaux de cette région pour pouvoir, d'après le contenu de nos filets, indiquer le niveau qu'ils avaient atteint. A 500^m ou 600^m de profondeur ce sont de nombreux Poissons ([2]), des Crustacés, tels que des Crevettes à rostre énorme et pointu comme une épée que l'on nomme des *Pandales;* ils appartiennent à une espèce nouvelle; d'autres Crevettes du genre Pénée, des Pasiphaés, quelques petits Crabes (Ebalies, Portuniens et Oxyrhynques), des Holothuries roses, quelques exemplaires de cet Oursin mou, récemment découvert vivant et désigné sous le nom de *Calveria* par les naturalistes du *Porc-Epic* et connu précédemment à l'état fossile, beaucoup d'Éponges de grande taille, les unes en forme d'énormes chapeaux (*Askonema*), les autres lamelleuses (*Farrea*), les autres plus ou moins globuleuses.

Plus profondément, vers 1000^m à 1500^m, les Poissons abondent: ce sont encore des Macrures auxquels s'ajoutent des *Bathynectes*, des *Coryphenoides*, des *Malacocephalus*, des *Bathygadus*, des *Argyropelecus*, des *Chauliodus*, des *Bathypterois* aux nageoires transformées en appendices tactiles (*B. longifilis*), des *Stomias*, des *Malacostecus* à peau d'un noir intense et à plaques jugales phosphorescentes, des *Alepocephalus*, etc.

Dans les précédentes campagnes, nos filets laissaient beaucoup à désirer et la capture d'un Poisson était un véritable

---

([1]) *Arca Diluvii, Diplodonta lata* (Fischer), *Tellina serrata, Neæra rostrata, Pleurotoma undatiruga*, etc.

([2]) Ces poissons sont des *Macrurus*, des *Melanocephalus*, des *Hoplostethus*, des *Pleuronectes*.

événement; au contraire, les chaluts du *Talisman* faisaient presque toujours d'amples récoltes, et ces animaux constituaient souvent la grosse part du butin. Tous ces Poissons, au moment où ils arrivaient à la surface, étaient morts, les gaz du sang s'étaient dégagés, en produisant une sorte de mousse, et beaucoup d'entre eux étaient déformés par la distension énorme de leur vessie natatoire. Les espèces de ce groupe qui habitent les abîmes de la mer ont un aspect particulier et facilement reconnaissable : leur peau, recouverte d'un enduit muqueux très épais, n'a jamais de vives couleurs; elle est grisâtre ou d'un noir de velours. Les écailles ne sont pas très solidement fixées, et le frottement de l'eau, déterminé par le mouvement ascensionnel du filet quand on le remonte à bord, suffit bien souvent pour les détacher. Les muscles sont peu épais et d'une consistance molle ; aussi ces Poissons ne doivent-ils être regardés que comme un aliment fort médiocre. Les os ont une structure spongieuse et peu de dureté. La bouche est d'ordinaire grande et armée de dents aiguës en forme d'hameçons. La plupart de ces animaux vivent dans la vase ou à sa surface, comme le montrent les parcelles de limon qui restent incrustées dans quelques-unes des cavités du corps. Tous ceux que nous avons observés étaient pourvus d'yeux normalement développés, dont le fonctionnement serait difficile à comprendre dans un milieu complètement obscur, s'il ne trouvait pas son explication dans l'existence de plaques phosphorescentes, ou d'un enduit de mucosité lumineuse qui peut éclairer à une certaine distance. Chez le Malacosté noir, ces plaques sont situées au-dessous des yeux ; chez d'autres espèces, elles sont disposées en lignes sur les parties latérales du corps.

Les Pandales ont fait place aux *Heterocarpus* à carapace garnie d'arêtes saillantes, à des Pénéens dont les pattes postérieures ressemblent à des antennes et à d'énormes Crevettes d'un rouge de sang et à antennes démesurément longues, qui n'étaient pas connues et doivent prendre place dans le genre Aristé. Ces Crustacés étaient communs, et plusieurs fois la pêche en était si abondante que le cuisinier venait en réclamer sa part. Les *Nephropsis* se montrent aussi à ce niveau : ce sont des Crustacés aveugles, qui extérieurement ressemblent à des sortes d'Écrevisses d'un rouge de corail. Leur répartition géographique semble très étendue, car ils ont été trouvés de l'autre côté de l'Atlantique, dans la mer des Antilles, et une espèce sinon identique, du moins très voisine, a été pêchée à une grande profondeur, au voisinage des îles Andaman.

Les *Pentacheles* et les *Polycheles*, dont les yeux sont atrophiés, se cachent dans la vase, ne laissant passer que leurs longues pinces crochues destinées à saisir leur proie; ils

représentent seuls dans la nature actuelle les Eryons, si communs dans les mers jurassiques.

Les Nématocarcins, à pattes démesurément longues, vivent dans les mêmes conditions. Les Crabes sont devenus plus rares, cependant quelques espèces se montrent encore : ce sont des Maïens (*Scyramathia, Lispognathus*), des Homoliens d'espèce nouvelle, des Lithodes de grande taille, qué l'on croyait spéciales aux mers boréales et australes (1). On remarque aussi plusieurs Crustacés du groupe des Galathées, dont les yeux sont transformés en épines.

Les Éponges sont extrêmement communes à la surface du lit de cette partie de l'Océan. La plupart, ainsi qu'on le sait, ont un squelette siliceux. Nous avons trouvé à profusion de belles *Rosella* et des *Holtenia* de plusieurs espèces. Leurs longs cheveux de silice blanche sont enfouis dans le limon, et les Éponges en forme de vase arrondi et à étroit orifice émergent seules; elles sont surtout nombreuses entre 900^{m} et 1200^{m}, et sur certains points elles semblent former de véritables champs. Pendant les trois campagnes du *Travailleur*, nous n'en avions pris qu'une seule en bon état de conservation. Souvent le chalut du *Talisman* en a rapporté plus de vingt d'une taille parfois énorme. Les Aphrocallistes, dont la charpente solide, composée d'alvéoles réguliers, affecte les formes les plus élégantes et donne l'apparence d'un gâteau d'abeilles, forment des bancs que nous avons largement exploités; elles se trouvent d'ordinaire associées aux coraux branchus du genre *Lophohelia* et *Cryptohelia,* et elles se soudent sur ces Polypiers.

Les Oursins mous, tels que les Calverias, deviennent plus nombreux, et à 1000^{m} ils doivent vivre aussi serrés les uns contre les autres que les Echinus de nos côtes. Des Holothuries du genre Loetmogone et d'autres espèces de la même famille rampent au milieu d'eux; de nombreuses Astéries, des Ophiures et des Brisingas y sont aussi associées. D'ailleurs la faune change suivant la nature du fond et, quand la vase fait place aux Polypiers, on trouve dans ces nouvelles conditions une population différente.

Par le travers du cap Ghir et du cap Noun, sous le 30e parallèle, à 120 milles environ de la côte, le *Talisman* a exploré pendant plusieurs jours un banc très régulier dont la profondeur ne varie que dans les limites étroites de 2075^{m} à 2300^{m}. C'était sur ce même banc que, le 2 août 1882, le *Travailleur* ramenait dans ses filets le singulier Poisson décrit par M. Vail-

---

(1) Une très grande Lithode a été pêchée par le *Talisman* sous les Tropiques à 900^{m} et 1000^{m} de profondeur. Cette espèce, distincte de toutes celles déjà connues, a été désignée sous le nom de *Lithodes tropicalis*.

lant sous le nom d'*Eurypharynx pelecanoides* (1), associé à un grand nombre d'espèces nouvelles ou fort rares. Des fonds analogues, mais moins riches, avaient été déjà explorés par le *Talisman* sur la côte marocaine au large de Rabat, entre le cap Blanc septentrional et le cap Cantin, peu de temps avant notre arrivée à Mogador. Nous devions les retrouver encore sous le 24e parallèle ainsi qu'au large du banc d'Arguin.

A cette profondeur les poissons étaient représentés par quelques espèces fort rares, telles que le *Melanocetus Johnsoni*, qui n'était encore connu que par un seul exemplaire trouvé flottant sur l'eau par des pêcheurs, au voisinage de Madère; son énorme bouche peut engloutir une proie d'un volume plus considérable que son propre corps et qu'il loge dans un sac qui pend au dessous de son abdomen. Le premier rayon de la nageoire dorsale se développe en un véritable appendice tactile, rappelant celui des Baudroies et devant servir aux mêmes usages. Des Bathytrochtes, un Stomias à plaques phosphorescentes, plusieurs Malacostés et des Halosaurus vivaient aussi sur le même fond vaseux. Beaucoup de Crustacés, nouveaux pour la Science et appartenant principalement au groupe des Galathées (2), se rencontraient dans nos filets avec des Mollusques dont plusieurs n'avaient pas encore été décrits, entre autres un Dentale de grande taille que M. Fischer a appelé *Dentalium Parfaiti*, pour rappeler le nom de notre commandant (3), et une *Pholadomya*.

Notre croisière sur la côte d'Afrique fut interrompue par une courte relâche aux îles Canaries; nos machines, surmenées par un travail sans relâche, avaient besoin de réparations; on put les faire à Santa-Cruz de Ténérife. Pendant ce temps, quelques-uns des membres de la Commission parcouraient l'île et faisaient l'ascension du Pic. Un arrêt de quelques heures à la Grande-Canarie nous permit de visiter le musée de Las Palmas, où M. le Dr Chill y Naranjo a réuni un grand nombre d'objets d'ethnographie et d'anthropologie se rapportant à l'ancienne population Guanche. La faune canarienne y est bien représentée; nous avons remarqué plusieurs espèces nouvelles ou considérées comme propres à d'autres régions : telles sont : l'Homole de Cuvier, si commune aux environs de Nice; le *Cancer Bellianus*, découvert par Johnson sur les côtes de

---

(1) Cette année deux Eurypharynx ont été capturés, l'un à 1050m et l'autre à 1400m, sur les fonds de vase rougeâtre à l'ouest du Maroc.

(2) Ces espèces se rapportent aux genres *Galathodes*, *Galucantha* et *Elasmonotus* dont les yeux, dépourvus de cornéules, sont revêtus d'un pigment de couleur orangée et doivent être impropres à la vision.

(3) Je citerai encore le *Scaphander puncto-striatus*, le *Trochus Ottoi*, l'*Amussium lucidum*.

Madère; la Langouste royale du cap Vert, etc. Les directeurs de ce musée se dépouillèrent pour nous de quelques-uns des spécimens que nous convoitions et ils ne nous laissèrent partir que les mains pleines.

Les abords des Canaries ont un relief si inégal que les dragues ne peuvent y rendre que peu de services : elles s'accrochent dans les rochers et parfois il est impossible de les dégager. Le *Talisman* eut cependant d'heureux coups de filet, qui lui fournirent quelques animaux nouveaux (1).

Entre le Sénégal et les îles du cap Vert, nous atteignîmes des fonds de 3210 à 3655^{m} recouverts d'une vase verdâtre et très habitée. Quelques-uns des animaux que l'on y trouvait ne différaient en rien de ceux du banc de 2300^{m}. D'autres offraient des caractères particuliers : c'étaient des Poissons du genre *Bathynectes, Synaphobranchus* et *Myrus,* des Aristés aux couleurs éclatantes et très semblables à ceux des fonds de 1000^{m} à 1200^{m}, mais dont les yeux sont plus réduits : des Pasiphaés, des Pagures, des Mysidiens. Parmi les Mollusques, c'étaient une Bulle de nouvelle espèce et un autre Gastéropode appartenant à un genre inconnu (*Oocorys sulcata,* Fischer) (2). Parmi les Zoophytes, c'étaient des *Ctenodiscus,* des Zoroastres, des Ophiures et des *Ophiomusium*.

Dans ces parages, notre bâtiment était souvent escorté par des bandes de Requins précédés de leurs pilotes (*Naucrates ductor*), c'est-à-dire de ces Poissons que les anciens connaissaient sous le nom de *Pompilius* et qu'ils regardaient comme un animal sacré, parce que les Requins les respectent. Pendant les longues heures où nos filets balayaient le fond et où le navire était immobile, les matelots avaient tout le temps de se livrer à la pêche, et bientôt ils parvenaient à s'emparer de trois Requins bleus (*Carcharias glaucus*), dont les dépouilles furent immédiatement préparées. Quant aux Naucrates, tous nos efforts pour les prendre furent vains; ils semblaient dédaigner les appâts qu'on leur présentait. Des troupes de Dauphins se montraient aussi et jouaient autour du navire en marche; plusieurs fois nos harponneurs ont pu les atteindre; mais la force de ces animaux était telle qu'ils brisaient le harpon et s'échappaient. D'autres espèces de Souffleurs passaient parfois en vue, mais trop rapidement pour que l'on pût les apercevoir distinctement.

Là se terminait la première partie de notre campagne, et, le 20 juillet, nous arrivions dans la baie de la Praya, à Santiago des îles du cap Vert.

---

(1) Entre autres une espèce de *Ptychogaster*.

(2) Les *Dentalium ergasticum*, *Limopsis aurita*, des *Malletia*, *Margarita* et *Axinus* étaient associés à ces coquilles.

Ces îles volcaniques, qui semblent n'avoir jamais fait partie du continent africain, devaient arrêter quelque temps l'attention des naturalistes du bord. Des explorations zoologiques, botaniques et géologiques, se faisaient à terre pendant que le *Talisman* fouillait avec ses dragues les fonds irréguliers des côtes, pour y rechercher les animaux et en particulier le Corail rouge qui, depuis quelques années, est l'objet d'un commerce assez actif. C'est sur la côte sud qu'a lieu cette pêche; elle se fait par une profondeur de 60^m à 150^m, entre la Praya et Ribeira-Grande, l'ancienne capitale de l'île, aujourd'hui ruinée et délaissée, à cause de l'insalubrité du climat. Quelques-uns des membres de la Commission descendirent à terre pour visiter la cathédrale, dont l'aspect est de loin fort majestueux, mais ils trouvèrent la toiture effrondrée, et, dans l'intérieur, une riche végétation soulevait les dalles et envahissait peu à peu la nef. Les forts construits pour la défense de la ville sont aussi en partie ruinés, et à côté des restes de cette grandeur déchue s'élèvent quelques cabanes où vit une misérable population de nègres. La côte est très abrupte : aussi, pour y chercher le corail au niveau qu'il habite, le *Talisman* était-il forcé de s'approcher beaucoup de terre, ce qui rend à un grand bâtiment les manœuvres difficiles; et, bien que nous ayons eu à bord un pilote connaissant les localités, il fallut renoncer à nos recherches, parce que le vent soufflant du large menaçait de nous pousser sur les rochers; mais nous avions eu le temps de recueillir quelques bons échantillons de corail vivant, et de nous assurer de son identité avec l'espèce méditerranéenne si abondante sur les côtes de l'Algérie et de la Tunisie : nous avions pu faire aussi une ample récolte des autres animaux qui vivent dans les mêmes conditions.

A mi-chemin de Santiago à Saint-Vincent la sonde indiquait 3705^m, mais les fonds étaient trop irréguliers pour nous permettre de draguer avec succès.

A Porto-Grande, le gouverneur, averti de notre arrivée par M. Barboza du Bocage, ministre de la Marine à Lisbonne, nous fit l'accueil le plus empressé, et facilita de la manière la plus large nos recherches; notre intention était d'explorer les côtes et d'aller ensuite à l'îlot Branco, étudier sur place les grands Lézards du genre *Macroscincus*, qui n'existent sur aucune autre terre et qui sont à peine connus des zoologistes. Cet îlot n'est qu'un rocher volcanique, qui surgit brusquement de la mer à 3½ milles au sud-est de Santa-Lucia; sa longueur est de 2 milles, sa largeur d'environ 1200^m; il n'y a pas de sources, aussi est-il inhabité et inhabitable.

Aucune relation n'existe entre Saint-Vincent et Branco; les cartes marines ne donnent que peu de détails sur la configuration des côtes. Le gouverneur, voyant notre embarras, nous fit

accompagner par un pilote et par un nègre fort expert, disait-on, à la chasse des *Lagartos* ou Lézards. A minuit nous levions l'ancre, et au petit jour nous commencions à voir se dresser les découpures arides de Branco, et d'un autre îlot voisin connu sous le nom de Razo. L'aspect en était peu engageant : partout des pentes raides, des blocs éboulés et calcinés par le soleil, tout autour de l'îlot une ceinture d'écume blanche formant une barre continue. Nous interrogeons le pilote sur le meilleur point d'abordage; il nous avoue alors n'avoir jamais été à Branco, mais s'être arrêté bien des fois à Razo, où il veut absolument nous entraîner, sous prétexte que la mer y est plus douce et les Lézards plus nombreux. La confiance nous manque et, ne voulant pas lâcher la proie pour l'ombre, nous prions le commandant d'envoyer une embarcation reconnaître la côte. Quelques naturalistes y descendent, et, après bien des recherches infructueuses, on finit par trouver, dans la ceinture de rochers, une coupure couverte d'un peu de sable, mais les grosses vagues menacent de rouler le canot, et il faut se tenir à l'ancre à une certaine distance. Toucher presque le but et renoncer à l'atteindre pour rentrer tranquillement à bord serait humiliant : aussi, après quelques hésitations, les excursionnistes retirent peu à peu leurs vêtements et, un instant après, ils barbotaient au milieu des vagues et accostaient victorieusement l'îlot peu hospitalier où le soleil ne tardait pas à sécher les vêtements un peu mouillés, malgré les efforts faits pour les tenir hors de l'eau. Le canot retourne alors à bord chercher les retardataires qui arrivent vêtus de superbes costumes de bain.

A peine débarqués, on se disperse à la chasse des Lézards; les uns s'avancent le long de la mer, les autres gravissent les pentes. M. Vaillant braque son appareil photographique sur les rochers couverts d'une maigre végétation. Notre chasseur nègre ne nous quitte pas, mais nous découvrons qu'il a une peur horrible des Lézards, sous prétexte qu'ils mordent, et il se sauve quand il en voit; heureusement que quelques-uns des gabiers du *Talisman* débarqués avec nous ne partagent pas les mêmes préjugés, et ils nous viennent en aide pour retourner les gros quartiers de roches basaltiques et surprendre les Reptiles dans leurs retraites. Ce sont d'ailleurs des animaux fort paisibles et qui ne cherchent pas à se défendre; ils se logent toujours à une certaine altitude au milieu des éboulis et se cachent dans des trous profonds où le bras a peine à les atteindre, mais ils s'y laissent prendre sans difficulté. Des Geckos se blottissent sous les mêmes pierres, et de petits Scincoïdiens courent avec rapidité à la surface du sol.

Quelquefois, en plongeant le bras dans un trou, on se sent vivement pincé; on peut être sûr alors que le souterrain sert de

retraite, non pas à un Lézard, mais à un oiseau du genre Puffin qui y a établi son nid, et qui couve directement sur le sol un gros œuf blanc; des Thalassidromes ou oiseaux des tempêtes habitent à côté d'eux.

Ces recherches étaient à chaque instant troublées par des avalanches de rochers, qui se produisaient aussitôt qu'une pierre détachée sous le pied d'un des chasseurs roulait sur ces pentes abruptes. On évitait avec soin de se tenir échelonnés les uns au-dessous des autres, ou l'on cherchait à se garantir des pluies de blocs éboulés en se blottissant dans quelques excavations. Bientôt notre chasse était terminée : plus de 30 Lézards, dont les plus grands mesuraient environ $0^m,60$, avaient été capturés et enfermés dans des sacs avec des Geckos et des Scinques; plusieurs Puffins étaient attachés par les pattes, et leurs œufs, soigneusement enveloppés, reposaient sur un lit de ouate, au fond de nos poches. Malheureusement, la descente était plus difficile que la montée, le terrain manquait subitement sous nos pieds, et il en résultait des chutes qui furent fatales à notre collection oologique.

Les *Lagartos* de Branco ne se nourrissent pas d'insectes comme les Lézards ordinaires : leur alimentation est exclusivement végétale, ainsi que nous en trouvions les preuves sur toutes les pierres avoisinant leur retraite; mais, à cette époque de l'année, le Soleil avait brûlé presque toutes les plantes et ces Macroscinques étaient terriblement maigres; ils devaient bientôt se refaire à bord, grâce à un régime de bananes et d'autres fruits.

Cette pauvreté de végétation est due au manque d'eau, à l'absence de terre végétale et à un soleil torride; les rayons en étaient tellement ardents qu'il fallut bientôt renoncer à se servir d'un levier de fer emporté pour remuer les rochers : il était devenu brûlant et il était impossible de le tenir.

J'avais chargé notre jeune botaniste, M. G. Poirault, de réunir tous les éléments d'une flore de Branco; pendant toute la journée il explora les moindres recoins des rochers et il put recueillir quatorze espèces qui ont été étudiées par M. Franchet et sur lesquelles il m'a remis les renseignements suivants :

« Le seul arbuste qui croisse sur l'îlot est le *Calotropis procera*, cette belle Asclépiadée qui se retrouve dans toute l'Afrique tropicale et l'Algérie. Il est relativement rare, tandis que nous l'avions vu en abondance aux environs de la Praya à Santiago. Nous en constatons la présence depuis le rivage jusqu'à l'altitude de 250^m environ. Les graines constituent en partie la nourriture des Lézards, comme l'attestent les restes de leurs festins. Près de la mer nous cueillons quelques exemplaires de *Tribulus cistoides*, plante des Antilles et de la Polynésie.

» Avec elle nous récoltons l'*Ipomæa palmata,* Convolvulacée qui pousse dans toute l'Afrique tropicale, l'*Helianthemum gorgoneum*, l'*Odontospermum Vogelii*, le *Polycarpæa Gayi* et le *Linaria Brunneri*, espèces endémiques qui n'ont encore été trouvées que dans l'archipel du cap Vert; le *Zygophyllum webbianum,* spécial au cap Vert et aux Canaries, où nous l'avions vu en grand nombre à la Grande-Canarie, sur la route de la Luz à las Palmas. Signalons enfin, pour clore la liste des plantes de rivage, un *Statice* probablement nouveau, *Statice Edwardsi.*

» Les pentes sablonneuses de l'îlot sont couvertes de *Cyperus œgyptiacus* et d'un *Arthratherum* que nous croyons devoir rapprocher de l'*A. Ascensionis.* L'absence de fleurs ne nous permet pas toutefois d'affirmer l'exactitude de cette détermination. Ces Cypéracées sont très répandues sur la côte sud de Branco, la seule que nous ayons pu parcourir; ce sont elles qui donnent à la végétation son caractère principal. Le *Fagonia cretica,* le *Sida glauca* et le *Frankenia ericifolia* se retrouvent jusque sur les rochers qui surplombent l'île.

» Ces rochers sont couverts d'un lichen qui a été naguère l'objet d'un commerce important aux Canaries et au cap Vert, le *Roccella tinctoria* ou Orseille. Autrefois, les habitants de Saint-Vincent et de Sainte-Lucie venaient à Branco faire la récolte de cette plante plus abondante là que dans toutes les autres îles. Chose remarquable ! nous ne trouvons les premiers échantillons qu'à une centaine de mètres d'altitude environ; encore ceux-ci ne présentent-ils pas de fructifications. Il faut atteindre une région plus élevée pour trouver l'espèce dans tout son développement.

» En résumé, cinq des plantes que nous avons récoltées à Branco sont autochtones et n'ont pas été observées en dehors de l'archipel et du cap Vert [1]; deux existent en même temps aux Canaries et au cap Vert [2]; six sont endémiques [3]. »

Beaucoup de ces plantes poussent dans un terrain sablonneux d'une origine curieuse; les vents du large rejettent en effet sur l'île des grains de sable qui finissent par former des bancs considérables; ils gravissent des pentes extrêmement escarpées, et l'on en trouve à plus de 200^m d'altitude. Ce sable

---

(1) Ce sont : *Odontospermum Vogelii, Helianthemum gorgoneum, Polycarpea Gayi, Linaria Brunneri, Statice Edwardsi.*

(2) Ce sont : *Frankenia ericifolia, Zygophyllum webbianum.*

(3) Ce sont : *Cyperus œgyptius* de la région méditerranéenne et des Canaries, *Ipomæa palmata* de l'Afrique tropicale, *Tribulus cistoides* des Antilles et de la Polynésie, *Sida glauca* du Sénégal, de l'Égypte et de l'Inde, *Fagonia cretica* de la région méditerranéenne et canarienne, *Calotropis procera* de l'Afrique, de l'Inde et de la Perse.

s'accumule peu à peu et, sous l'influence des pluies, ses particules s'agglomèrent dans un ciment calcaire; cette masse acquiert alors une dureté considérable. A l'époque de la saison de l'hivernage, les pluies la ravinent profondément, creusant, au milieu de ce grès, des coulées tortueuses à parois verticales; dans ces couches de nouvelle formation, que l'on peut désigner, à cause de leur origine, sous le nom de *roches éoliennes*, et qui rappellent à certains égards celles des îles Bermudes, se trouvent empâtées des coquilles terrestres qui déjà ont pris l'aspect de véritables fossiles et qui, dans l'avenir, permettront de reconnaître l'âge de ces roches; on y remarque aussi des tubes plus ou moins gros, résultant probablement d'une sorte de moulage du sable autour de racines qui plus tard ont disparu.

Sur la côte, au niveau de la mer, il se forme un poudingue dû à l'agglomération, dans un ciment calcaire, de fragments volcaniques et de nombreuses coquilles marines, parfaitement reconnaissables, dont la plupart conservent encore leurs couleurs. Les vents, les pluies et le soleil amènent la désagrégation des roches volcaniques qui constituent la charpente primitive de l'île, mais en même temps les vents et les pluies déterminent le dépôt de couches nouvelles et de nature très différente qui, dans un temps plus ou moins éloigné, recouvriront et masqueront presque partout les précédentes.

Au moment où se faisaient ces recherches à terre, le *Talisman* croisait dans le canal qui sépare l'île Razo de l'île Branco, et récoltait, à une profondeur de 80^m à 100^m, de nombreux animaux dont beaucoup n'avaient pas encore été signalés par les zoologistes. Il est à remarquer que cette faune superficielle est pauvre, et que les espèces sont presque toutes de petite taille; de nombreuses Corallines abritent des Bryozoaires et toute une population de petits Crustacés, de Mollusques, d'Oursins, d'Astéries, d'Éponges.

Au contraire, à un niveau plus bas, la faune dépasse en richesse celle de toutes les régions précédemment explorées. Le 29 juillet, notre navire s'arrêtait entre Saint-Antoine et Saint-Vincent, et descendait son chalut de 450^m à 600^m; au bout d'une heure celui-ci revenait chargé de plus de 1000 Poissons appartenant pour la plupart au genre *Malacocephalus;* de plus de 1000 Pandales, de 500 Crevettes à longues pattes, d'espèce nouvelle et du genre *Nematocarcinus*, de 150 *Pasiphaés* tachetés de rouge, de grands Aristés carminés et bien d'autres espèces. Malheureusement ces fonds volcaniques ont un relief si tourmenté que les filets se déchiraient, les ferrures s'accrochaient de façon à arrêter le bâtiment; et il fallait toute la force de nos machines combinée à celle de notre hélice pour les arracher, complètement tordues ou brisées; aussi,

après quelques essais de ce genre, fallut-il, sous peine de perdre notre matériel de pêche, se décider à quitter ces parages, où la vie animale est si puissante.

Le 30 juillet au soir, laissant l'île de Saint-Antoine à l'est, le *Talisman* fit route au nord et se dirigea vers la mer des Sargasses, où l'appelait notre programme d'études. Les profondeurs augmentaient rapidement, et, le lendemain matin du départ, à 30 lieues environ de Saint-Antoine, la sonde accusait déjà 4130^m et ramenait une vase formée presque entièrement de parcelles ponceuses; immédiatement le chalut fut mis à l'eau et traîné lentement sur le fond; mais, quand on chercha à le relever, la tension de la corde d'acier était si grande que le câble de fer auquel était suspendue la poulie de fonte servant à relever les dragues se brisa tout à coup, bien que sa résistance à la rupture eût été évaluée à près de 6000^{kg}. La poulie alla frapper violemment le bordage, s'y ébrécha et coupa sur son arête vive le câble d'acier aussi nettement qu'avec un ciseau à froid : 4000^m de câble et un excellent chalut furent ainsi perdus en un instant.

Cet accident contrariait beaucoup nos opérations : il fallait remonter de la cale un énorme cylindre portant notre réserve de 4000^m de câble, il fallait en réunir le bout au tronçon qui nous restait, puis enrouler le tout sur la bobine de la machine. Si ce travail pénible s'effectua de la manière la plus rapide, on le doit à l'intelligence que déployèrent les officiers et à l'ardeur de l'équipage, qui prenait fort à cœur ce contretemps.

Pendant que ces réparations se faisaient, nous employions la sonde et constations des profondeurs de 4815^m, 5225^m et bientôt, le 4 août, par 25°04′ de latitude nord et 37°36′ de longitude ouest, nous trouvions 6250^m.

Nous atteignions alors la limite méridionale de la mer des Sargasses et quelques paquets de ces Fucus commençaient à flotter le long du navire. Mais partout ils étaient peu abondants; jamais nous n'avons rencontré de ces masses énormes que les anciens navigateurs comparaient à des prairies flottantes et devant lesquelles les compagnons de Christophe Colomb voulaient reculer.

Les observations que nous avons faites s'accordent avec celles du commandant Leps, et la description qu'il a donnée de la mer des Sargasses nous a paru très exacte.

Lorsque le *Talisman* était en marche, il croisait à chaque instant de longues bandes de *Raisins des tropiques,* alignées suivant la direction du vent ou des courants et formées de paquets plus ou moins importants, mais dépassant bien rarement 4 ou 5^{mc} de superficie. Quand, au contraire, le bâtiment était immobile, on restait souvent fort longtemps sans

voir une seule touffe de ces Fucus, et, pour les rencontrer, il fallait mettre les embarcations à la mer et aller à leur recherche. Il est possible que sur d'autres points les algues aient été plus abondantes. Cependant nous avons traversé la mer des Sargasses du nord au sud, dans les parties qui sont indiquées sur la carte du commandant Leps comme celles où la végétation est la plus puissante; nous avons même décrit à l'ouest une grande courbe qui a atteint le 44e degré de longitude ouest, et l'aspect de la mer n'a pas changé.

Les raisins des tropiques sont trop connus pour qu'il y ait lieu d'en donner ici une description; ils se présentent toujours sous la même forme; ils sont maintenus à la surface de l'eau par de petites boules de la grosseur d'un pois et en partie pleines d'air et qui servent de flotteurs. La tige centrale et les feuilles basilaires sont en général brunes et flétries; les feuilles terminales, au contraire, sont fraîches et d'une teinte verdâtre.

Cette végétation flottante sert de retraite à une foule d'animaux pélagiques de petite taille et d'espèces peu variées. Le singulier petit Poisson connu sous le nom d'*Antennarius marmoratus,* aux nageoires digitées et aux longs appendices dorsaux, y construit son nid en agglomérant, à l'aide de filaments muqueux d'une grande solidité, des boules de Sargasses qui, ballottées librement par les flots, portent les œufs déposés à leur surface. Des Syngnathes, des Diodons, des Castagnoles se cachent sous les frondes; des Crabes, tels que le *Neptunus Sayi* et le *Nautilograpsus minutus,* s'y cramponnent solidement pendant que des Palémons (*P. natator*) et d'autres petites Crevettes du genre Hippolyte nagent à l'entour. Quelques Amphipodes et plusieurs espèces de Mollusques, tels que la *Scyllea pelagica*, une Eolide, le *Lithiopa Bombyx*, rampent à la surface. De nombreux Hydaires et des Membranipores forment leurs colonies sur les tiges desséchées, ou s'étalent sur les flotteurs; des Spirorbes, quelques Annélides, une Planaire, une petite Actinie complètent la population de ces varechs.

Les animaux fixés, Bryozoaires, Spirorbes, etc., constituaient sur les Sargasses des encroûtements superficiels qui tachaient de blanc la masse verdâtre, jaune ou brune des tiges ou des feuilles; les animaux libres avaient tous revêtu la *livrée des Sargasses* et tous, tachetés d'une manière irrégulière de brun, de jaune, de blanc, se dissimulaient si complètement dans les touffes de varech, qu'il fallait une attention soutenue pour les apercevoir. Poissons, Crabes, Crevettes, Mollusques avaient les mêmes teintes, et ces teintes s'harmonisaient merveilleusement avec celles du milieu où ils vivaient. Quelques petits Hippolytes, plus nageurs que leurs compagnons, étaient d'un

bleu profond, aussi intense que celui de l'eau de la mer, et il était impossible de les en distinguer (1).

Si cette livrée est considérée par quelques naturalistes comme une protection pour les animaux qui la portent, parce qu'ils peuvent se dissimuler facilement aux yeux de leurs ennemis, elle devient dans certains cas un danger, puisque les espèces carnassières, en la revêtant aussi, peuvent s'approcher sans être vues de leur proie.

L'origine des raisins des tropiques a été l'objet de fréquentes discussions. D'où viennent ces algues? Les uns prétendaient qu'elles prenaient naissance au fond de la mer des Sargasses et qu'on ne voyait à la surface que des parties qui s'en étaient détachées. Mais nous savons d'une part que cette partie de l'Atlantique a une profondeur énorme et, d'autre part, qu'au delà de 200^{m} environ toute végétation devient impossible dans les eaux de la mer. D'autres assuraient que ces varechs ne sont que des détritus venus de loin, charriés par les courants et en voie de décomposition. J'ai déjà eu occasion de dire que les feuilles terminales des Sargasses sont toujours dans un état extrême de fraîcheur et en voie de développement; mais les organes de reproduction manquent constamment. M. G. Poirault les a cherchés avec un soin extrême : il n'en a jamais vu la moindre trace.

Ces Sargasses végètent donc comme le feraient des boutures d'une active vitalité, leurs feuilles croissent et se succèdent, mais la plante ne se reproduit pas à l'état pélagique, et celles que l'on rencontre flottant sur la mer ne sont que des fragments détachés de quelques plages des continents voisins.

Les sondages du *Talisman* montrent d'une manière générale qu'à partir des îles du cap Vert le fond se creuse régulièrement jusque vers le 25e parallèle, où il atteint 6267^{m}, puis il se relève graduellement vers les Açores et, sous le 35e parallèle, il n'est plus que de 3175^{m}. Ces résultats sont loin d'être d'accord avec les indications des cartes de l'océan Atlantique, publiées récemment, où les courbes de profondeur accusent des inégalités très considérables.

La constitution du lit de la mer des Sargasses a été l'objet de nos investigations et les faits que nous avons constatés ne sont pas sans importance.

Partout où notre sonde a touché le fond, elle a rapporté un limon très fin, formé de particules ténues de ponces mêlées à des globigérines. Cette vase, d'abord rosée au voisinage des îles du cap Vert, devient ensuite d'un blanc presque pur.

Chaque fois que la drague a sillonné la surface, elle s'est plus ou moins remplie de fragments de pierres ponces et de roches

---

(1) *Hippolyte ensiferus* (M.-Edw.).

volcaniques. Il semble qu'il y ait là, à plus d'une lieue au-dessous de la surface des eaux, une grande chaîne volcanique parallèle à la côte d'Afrique, et dont les îles du cap Vert, Madère, les Canaries et les Açores seraient les seuls points émergés.

La faune sous-marine y est pauvre et, quand nos filets ont balayé le fond, ils n'ont ramené qu'un petit nombre d'animaux. Sur les cailloux étaient fixés des Brachiopodes (*Discina atlantica*). Un Fuseau aveugle (*Fusus abyssorum*) et un nouveau genre de Lamellibranches, désigné par M. Fischer sous le nom de *Pygotheca fragilis* ainsi que plusieurs Pleurotomes s'y rencontrent. Quelques Crustacés, tels que des Pagures, qui logent dans des colonies d'Épizoanthes et que nous avions déjà pêchés près de la côte d'Afrique (*Pagurus pilimanus*), des Crevettes du genre *Nematocarcinus*, des Holothuries du groupe des Elpidia, dont une espèce était nouvelle pour nous, des Ophiures, des Astéries et de rares Coralliaires ne suffisaient pas à nous dédommager du temps que nous prenaient ces dragages si profonds.

Ce n'est que vers la limite nord de la mer des Sargasses, au voisinage des Açores, quand les fonds se sont relevés à 3000^m, 2500^m et 1400^m, que nos récoltes sont redevenues abondantes. Le 11 août, par 2500^m à 2900^m, nous capturions le géant de la famille des Schizopodes, une *Gnathophausia*, d'un rouge de sang, mesurant près de $0^m,25$ de long et méritant bien le nom spécifique de *Goliath* qui lui a été appliqué; à côté de ce Crustacé, dans le même filet, se trouvait un Poisson du groupe des Stomias, à plaques latérales phosphorescentes.

Plus loin, par 1500^m, plusieurs Mollusques d'espèce inconnue (*Scaphander*, *Pleurotoma* et *Oocorys*), le *Dentalium ergasticum*, et une grande variété de Crustacés, d'Holothuries, d'Astéries, d'Ophiures et d'autres Zoophytes contrastaient avec la pénurie des jours précédents.

Une courte relâche du *Talisman* à Fayal d'abord et ensuite à Saint-Michel des Açores nous permit de comparer les phénomènes volcaniques, encore en activité sur quelques points, avec ceux dont le pic de Ténérife est le siège. L'analogie des roches, des produits gazeux, des dépôts de soufre est frappante. Cette étude nous fut rendue facile par l'obligeance du gouverneur et de quelques-uns des hommes les plus instruits de l'île, MM. do Canto, entre autres, qui avec une courtoisie parfaite voulurent bien se faire nos guides au milieu de cette nature si tourmentée et en même temps si riche, où la végétation la plus puissante couvre des coulées volcaniques récentes et où de petits cratères rejettent des torrents d'eau bouillante qui coulent aux pieds des Maïs et des Caladiums aux larges feuilles.

Nos visites aux cratères éteints de Fayal et des Sept-Cités et aux sources thermales de Furnas nous ont permis de nous rendre compte de la puissance manifestée par les feux souterrains à une époque relativement peu ancienne. A Punta-Delgada, le Musée, dirigé par M. le professeur Machado, mérite un examen attentif, car de nombreux spécimens de la faune terrestre et marine des Açores y sont exposés et l'on y trouve, à côté d'espèces réputées méditerranéennes, des animaux identiques à ceux de nos côtes ou à ceux de Madère et des Canaries : l'Herbstie noueuse, l'Amathie de Risso, la Calappe granuleuse, l'Homole de Cuvier, le Sténope épineux, le Pagure strié rappellent la faune de Nice; les Xanthes, les Ériphies, les Pilumnes et la Langouste ne diffèrent en rien des espèces de nos côtes; les Plagusies et les Grapses, le Tourteau de Bell appartiennent à une faune plus tropicale.

Les fonds volcaniques des canaux situés entre les îles des Açores ou à proximité des côtes sont très irréguliers, et leur nature volcanique rend leur exploration difficile; le *Talisman* jeta cependant plusieurs fois ses filets avec grand succès par 1250^m environ. Des Poissons, de grands Aristés rouges, des Hétérocarpes, des Galathées du genre Diptychus, une Cirrhoteuthis, Mollusque céphalopode, que l'on croyait propre au Groënland [1], des Actinies dont les bords se referment comme le feraient les valves d'un Mollusque, beaucoup d'Étoiles de mer, quelques Lophohelia avec leur cortège ordinaire de Mopsées, des Oursins mous (*Calveria*), de grandes et belles Holtenias rappelaient les dragages faits au même niveau, quelques semaines auparavant, sur la côte du Maroc.

A peu de distance de Saint-Michel, la pente est très rapide; quelques heures après notre départ, notre sonde indiquait déjà près de 3000^m et nous pêchions quelques-unes des espèces trouvées sur le plateau situé à l'ouest du cap Ghir, entre autres de grandes Holothuries de couleur améthyste. Le lendemain la profondeur était de 4415^m, et pendant quatre jours elle se maintint à peu près la même : 4060^m le 24; 4165^m le 25; 4255^m le 26. Malgré ces profondeurs énormes, nos engins de pêche fonctionnèrent à merveille et chaque opération, très habilement conduite par le commandant Parfait, nous ramenait des récoltes inattendues et d'une extrême importance. A cette distance de plus d'une lieue au-dessous de la surface de l'eau, la population animale est encore très variée; on y trouve des espèces dont quelques-unes ont une taille considérable et qui appartiennent aux groupes élevés de la hiérarchie zoologique.

Les plus grands Poissons du genre *Macrurus* qui aient été

(1) Les autres Mollusques trouvés dans ces dragages sont *Limopsis Aurita*, *Neæra*, *Scaphander*, *Discina*, *Syndesmya*, *Pedicularia*, *Dentalium*

pêchés pendant notre expédition provenaient de ces dragages; ils diffèrent de ceux des profondeurs moindres : des *Scopelus* et des *Melanocetus* s'y trouvaient associés. Des Pagures et des Galathéens de forme nouvelle, des Crangons aux yeux rouges, un Nymphon gigantesque du genre Colossendeis, des Ethuses, différentes de celles déjà connues, des Amphipodes et des Cirrhipèdes représentaient les Crustacés ([1]).

Mais cette faune abyssale doit surtout sa physionomie particulière aux grandes Holothuries, de formes étranges, qui abondaient; les unes, dont la taille atteignait 0m,65 et dont les couleurs violettes étaient fort intenses, appartenaient à une espèce nouvelle du genre *Psychropotes,* si remarquable par l'existence d'un appendice fort développé, terminant en arrière le corps et comparable à une queue; d'autres, du genre *Oneirophanta,* se reconnaissaient facilement à leur couleur d'un blanc pur et aux longs appendices qui garnissaient tout le corps. D'autres, d'un rose tendre, portaient sur le dos une lame érectile en forme d'éventail, c'étaient des Péniagones, comparables à celles trouvées par le *Challenger,* aux plus grandes profondeurs explorées. Enfin de grandes Actinies, dont quelques-unes vivent en parasites sur les Holothuries, des Hymenaster, des Astéries, une Brisinga à bras peu nombreux, des Ophiures et un Crinoïde se rencontraient dans les mêmes conditions.

Le 27 août, nous atteignions avec nos filets un fond de plus de 5000m, et le chalut, après avoir dragué pendant plus de deux heures, nous ramenait beaucoup d'animaux, les uns d'espèce inconnue, tels qu'une *Neæra,* et divers Crustacés; d'autres identiques à ceux des dragages précédents. Plus de 50 Péniagones roses s'y trouvaient mélangées à un nombre moindre d'*Oneirophanta*, d'*Archaster* et d'*Ophiomusium*, attestant la richesse de cette faune profonde.

Le fond de la mer est tapissé, dans toute cette région, d'une vase blanche formée presque uniquement de globigérines; des ponces et des pierres volcaniques y sont mélangées; mais ce qui nous surprit davantage, ce fut de trouver des cailloux polis et striés par les glaces à une distance de plus de 700 milles des côtes de l'Europe. La netteté des stries ne permet pas d'admettre que ces cailloux aient été transportés par des courants, car ils auraient été roulés et, d'ailleurs, ils reposent à une profondeur telle que la tranquillité des eaux doit y être très grande, à en juger par la nature des limons qui s'y déposent. Leur présence est probablement due au transport

([1]) Les Mollusques qui ont été dragués dans cette portion de l'Atlantique sont *Fusus abyssorum, Pygotheca fragilis, Craspedotus mirabilis* (Fischer), *Bulla* (*nov. sp.*), *Limopsis aurita*, *Dentalium ergasticum*.

par des glaces flottantes qui, à l'époque quaternaire, s'avançaient plus loin au sud que de nos jours et qui, en venant fondre dans la partie de l'océan Atlantique comprise entre les Açores et la France, laissaient tomber sur le fond les cailloux et les fragments de roches arrachés au lit des glaciers et qu'elles avaient charriés jusque-là.

Le 30 août, en entrant dans le golfe de Gascogne, nous constations que les fonds se relevaient rapidement, et pour la dernière fois de la campagne nous jetions notre grand chalut sur la pente rapide qui réunit les fonds du golfe aux abîmes de l'Atlantique : la sonde indiquait 1480^{m}. Notre appareil balaya un champ de Polypiers du genre *Lophohelia* et revint dans un état déplorable : son armature tordue et en partie brisée, ses filets déchirés et pendant en lanières; mais chacune des mailles avait suffi pour accrocher et retenir de précieuses captures. Une quantité de splendides Pentacrines (*Pentacrinus Wyville-Thomsoni*), parfaitement intacts, de gigantesques Mopsées, des Gorgones, des Coralliaires d'espèce variée, des Brisingas, des Ophiures, des Crustacés dont une espèce de Lithodes, nous empêchaient de regretter la perte de notre filet. Ce dernier coup de drague ajoutait à la faune des mers françaises une foule d'espèces intéressantes, les unes nouvelles, les autres telles que les Pentacrines, qui n'avaient été trouvées que dans des régions plus chaudes du globe.

Il était temps de rentrer à Rochefort : nos barils, nos bocaux, tous nos récipients étaient pleins, notre alcool était épuisé, car nous ne pouvions supposer, en quittant la France, que la campagne serait aussi fructueuse. Elle nous a fourni des matériaux d'étude incomparables. Il faut maintenant les mettre en œuvre. Le Ministre de l'Instruction publique en a compris l'importance, et il a bien voulu me fournir les moyens d'en commencer la publication.

Enfin, au commencement du mois de janvier, les collections faites pendant les campagnes du *Travailleur* et du *Talisman* seront exposées dans une des salles du Muséum d'Histoire naturelle, où tous ceux qui s'intéressent aux progrès des connaissances humaines pourront y voir réunis les animaux qui peuplent les grandes profondeurs de la mer.

L'été dans les Cévennes et sur le littoral méditerranéen;

Par M. H. VIGUIER.

Dans nos précédentes études, nous avons rattaché aux mouvements généraux de l'atmosphère, ou aux principes lumineux de la géographie physique les phénomènes qui s'accomplissent

dans le Languedoc ([1]). Les conclusions ont été formulées avec toute la généralité désirable, quelque méconnues qu'elles soient parfois au delà des Cévennes, à en juger par des articles publiés dans de grandes revues. Afin de mettre nos explications en pleine lumière, nous allons encore aujourd'hui poursuivre la revue des phénomènes qui se produisent dans la même région, de ceux surtout qui viennent d'être observés sur le principal massif des Cévennes méridionales, dans les vallées ou sur les vastes plateaux qu'il domine. Nous pourrons alors signaler, avec connaissance de cause, les moyens les plus efficaces pour procéder à une étude rationnelle des météores, et juger de la valeur des théories diverses qu'on a émises pour leur explication. Nous avons bien d'ailleurs à faire plus ample connaissance avec la contrée où va s'élever un observatoire de premier ordre, destiné à surveiller à la fois les deux bassins maritimes de la France.

Le moins vaste de nos *causses*, celui de l'Espérou, que nous avons eu souvent à citer, forme vers le sud, en avant du mont Aigoual, une vraie terrasse, la Luzette, d'où à près de 60^{km} du littoral, mais à 1380^{m} d'altitude, la vue plane sur le Languedoc et la mer; de telle sorte que ce petit plateau est on ne peut plus apte à recevoir une station de premier ordre, dont l'objet principal serait l'étude des phénomènes qui surgissent de la Méditerranée, ou qui émanent du continent africain. L'administration forestière dispose de toutes les facilités voulues pour y établir une station en connexion immédiate avec l'observatoire de l'Aigoual. Il pourrait en être de même de tout le petit chaînon du Lengas, qui se prolonge vers l'ouest en atteignant la hauteur de 1441^{m}. Il forme une première ligne de partage où s'abat le maximum des pluies sirocales ([2]).

Notre correspondant a stationné durant vingt-sept ans sur la Luzette, à la manière des *cantonieri* établis sur les passages élevés des Alpes : il observe maintenant près du hameau de l'Espérou (1285^{m}), à l'origine de la petite vallée de la Dourbie.

Quelques mots sur les vents qui soufflent dans ces hautes régions sont ici nécessaires pour compléter notre étude sur le cers et le mistral. Nous avons, en effet, à découvrir leur rôle sur les deux versants des Cévennes. Depuis le sud-est jusqu'au sud-ouest tous les rhumbs de vent sont confondus sous la dénomination de *marins*. Le nord-ouest, le vrai mistral, est aussi la *bise noire* (*l'auro negro*) ou la roudergue (*roudergo*), parce qu'il souffle des montagnes ou par-dessus les plateaux du Rouergue. L'ouest prend naturellement le nom d'*auro basso* ou *roudergo basso*. Les caractères de ces

([1]) N°s 55, 70, 73, 115, 116, 125, 126, ... du *Bulletin*.
([2]) Voir la carte de l'État-major.

vents, bien familiers à nos montagnards, ont été souvent décrits par nos anciens météorologistes de la région. « Les vents du sud, disent-ils, très forts et très élevés, arrivent chauds et desséchés à travers les hautes couches de l'atmosphère; mais, s'ils sont bas, ils poussent vers la terre les nuages qui s'élèvent de la mer. L'air froid de l'Espérou les repousse; l'orage se forme et il tombe une pluie abondante, quelquefois mêlée de grêle. Ces vents dominent en été et leur tendance est à l'ouest. C'est à toutes les époques de l'année, mais surtout au printemps et en automne, que se produisent le combat et la fréquente variation des vents : les nuages s'entassent, se heurtent, le tonnerre gronde et il pleut par ondées. » C'est bien ainsi que les choses viennent de se passer; non, sans doute, à la suite d'orages bien remarquables, mais par des averses assez nombreuses pour élever la moyenne pluviométrique presque à sa valeur générale, alors que, dans les trois années précédentes, elle n'avait pas atteint la moitié ou même le tiers de cette valeur, en plusieurs points des Cévennes.

Le rôle du sud-ouest, dans les phénomènes orageux ou calorifiques qui se produisent sur le littoral ou dans la région montagneuse, ne saurait être passé sous silence. Il nous a été signalé par les nuages dans près de la moitié des jours de l'été, tandis qu'il est assez rarement indiqué par la girouette; fécond en orages et en tempêtes sur les côtes occidentales de l'Afrique, il perd son eau sur les montagnes qui limitent au nord le bassin du grand fleuve soudanien, pour la reprendre en abordant la Méditerranée et arriver *sale* et parfois non moins orageux sur les côtes de France. C'est, sans doute, au sud-ouest qu'il faut rapporter les effets d'un vent très chaud, bien connu dans le Languedoc sous le nom d'*auro rousso :* il fond très rapidement les neiges en hiver et nous apporte souvent des orages qui, sur notre horizon, s'étendent du Canigou au mont Aigoual. Pour quelques contrées c'est un vent d'Espagne qui ne soufflerait pas lorsque les Pyrénées sont couvertes de neige. Un peu d'incertitude existe parfois sur les météores qui, à la faveur des vents d'ouest à sud-ouest, se propagent dans le Languedoc, à travers les plateaux de l'Espagne ou les massifs des Pyrénées, des Corbières ou, enfin, des Cévennes méridionales. Mais ils sont bien distincts des orages et des pluies de longue durée qui nous arrivent du sud-est; et, dans tous les cas, aucun doute ne saurait exister au sujet des phénomènes que nous avons à passer en revue.

Le plus intéressant de ces phénomènes se rapporte à de fortes interversions de température qui se sont produites par les plus chaudes journées du mois d'août. J'ai déjà mentionné la température toute printanière qui, en janvier, a pu régner à une faible altitude dans les Cévennes, à la faveur d'un fort

vent du sud supérieur, tandis que nous ne mesurions que 10° de froid à Montpellier par un vent du nord-est inférieur. Jusqu'ici nous n'avions eu rien d'analogue à signaler pendant les fortes chaleurs de l'été; mais, après l'enquête à laquelle je me suis livré, il me paraît bien prouvé que, le 14 du mois d'août, à l'Espérou, le maximum de la température put atteindre 38°, alors qu'à Montpellier il ne s'élevait pas au-dessus de 32°. Les observations faites aux deux stations sont des plus concordantes. Dès le matin la chaleur était *excessive* à la station des Cévennes, par un vent du sud-est supérieur et inférieur que nous signalions à Montpellier. La brume, qui accompagnait le Soleil à son lever, s'évanouit bientôt pour reparaître le soir avec quelques nuages de l'ouest qui, vers 10^h, finirent par donner un peu de pluie. Sur le littoral l'humidité était extrême dès les premières heures du jour. Le brouillard se dissipa vers 7^h, mais le ciel resta vaporeux. L'humidité redevint très grande dans l'après-midi, et vers 4^h des nuages diffus apparurent par le vent marin. Plus tard enfin des éclairs se montrèrent du côté sud, et une sorte de poussière d'eau, qui envahit l'atmosphère, dut correspondre à l'apparition du nord-ouest et du sud-ouest, que l'on signalait le lendemain. Tout cela se passait par un siroco des plus accablants. Nous pûmes, en effet, reconnaître, dans la nuit du 14 au 15, qu'une température de 30° peut être plus fatigante que celle de 40° ou 42° coexistant avec un vent brûlant, mais sec et moins électrique.

Deux autres interversions, un peu plus incertaines cependant, se produisirent quelques jours plus tard avec un maximum de 36° environ mesuré à l'Espérou. Il nous est en somme permis de conclure que dans le mois d'août, à 1285^m au-dessus du niveau de la mer, la température a plusieurs fois atteint celle que l'on mesurait sur le littoral, et qu'elle lui a été supérieure dans les journées du 14, du 21 et du 22. A la même altitude le thermomètre ne s'est pas élevé au-dessus de 20° en juin, et au-dessus de 22° en juillet, tandis qu'il a souvent dépassé 30° à Montpellier. Tout s'est donc passé normalement dans la première partie de l'été.

Une remarque importante se rapporte aux minima compris entre les maxima que nous venons de signaler. Dans les nuits du 14 au 20 du mois d'août, par le règne des vents du nord-ouest qui s'étaient substitués aux vents du sud, les minima passèrent successivement à l'Espérou par les valeurs 13°, 4°, — 1°, 4°, 8° pour reprendre ensuite les valeurs ordinaires par les vents du sud-ouest, et retomber encore à 9° et 5° avec la réapparition du nord-ouest.

Les faits que nous venons de rapporter n'ont pas eu leurs analogues sur le puy de Dôme ou sur le pic du Midi. On a signalé des températures peu ordinaires en quelques points

des Alpes : à Besançon, par exemple, dont l'altitude est peu différente de celle de l'Espérou, dans les mêmes journées des 14, 21 et 22, la température approcha de celle que l'on mesurait à Montpellier.

Aux contrastes que présentent généralement les températures des vents divers qui soufflent dans le Languedoc, on doit ajouter ceux qui naissent de leur état hygrométrique ou électrique, parfois des plus accentués même pour un seul vent; pour le sud ou marin bas de notre littoral, par exemple, et le marin soufflant à de grandes hauteurs ou *marin blanc*. On arrive donc bien à distinguer les principaux éléments qui doivent intervenir dans la production des météores : éléments que l'on retrouve du reste dans leur histoire, comme nous allons pouvoir encore le reconnaître pour la saison que nous venons de traverser.

Dès les premiers jours de juin, deux ou plusieurs vents peuvent être observés à Montpellier, où le temps est fréquemment orageux. Les vents du midi, qui prédominent, franchissent les Cévennes en produisant de fréquentes averses à l'Espérou, sans rien laisser tomber sur le littoral. Le 6 et le 7, on signale le brouillard et une pluie fine persistante par l'effet du nord-ouest qui tend à se substituer au sud-est. La pluie devient torrentielle à Toulouse, mais n'arrive point en deçà des Cévennes. Dans la journée du 8, des nuages du sud-est et du sud-ouest vont se heurter à des masses orageuses où gronde le tonnerre, au milieu d'une illumination continue. Enfin, vers le milieu de la nuit, après une pluie battante de 2^h, le marin et le brouillard sont refoulés, mais le temps reste orageux. Il en fut de même à Montpellier, mais c'est seulement dans la matinée du 9, à 3^h, qu'éclata l'orage qui sévit, jusqu'à ce qu'un violent mistral vînt le rejeter vers l'est. On mesura 27^{mm} de pluie mélangée à de la petite grêle, la foudre incendia une campagne et frappa trois poteaux télégraphiques.

Dans les journées du 10 et du 11, le temps resta orageux, tandis que les basses pressions se tenaient au large de nos côtes. Nous pûmes constater la coexistence du sud-ouest et du nord-ouest, celle encore du nord-ouest, du nord-est et du sud-ouest. Le temps était brumeux et les averses fréquentes à l'Espérou. Enfin, le 14, une nouvelle crise s'accentue depuis le littoral jusqu'au mont Aigoual et embrasse la vallée du Rhône jusqu'à Marseille. Une dépression, signalée d'abord en Sardaigne, avait cependant disparu : le baromètre était à 761^{mm}. Le nord-ouest, refoulant enfin le sud-est, s'établit au milieu de ces perturbations et persiste jusqu'au 21. Alors le sud-est et le sud-ouest reprennent l'offensive contre le mistral par une pluie battante sur les flancs de l'Aigoual, mais assez faible

à Montpellier; c'est surtout dans les journées du 25 et du 30 que s'accentue la lutte : à l'Espérou le tonnerre est incessant au nord et au sud, et il s'y produit de fréquentes averses. Dans cette lutte, où le marin est refoulé par le mistral, de violents coups de foudre sont signalés dans l'Aveyron, et une grosse grêle y enlève la récolte sur quelques points.

Dans la journée du 30, le ciel reste vaporeux ou couvert à Montpellier par les vents du sud-est et du sud-ouest, alors que des courants supérieurs du nord-ouest et du nord-est pouvaient bien expliquer la pression de 760^{mm} : à l'Espérou le temps resta orageux : on mesura 30^{mm} d'eau après cinquante minutes de pluie mêlée de grêle.

Dans le mois de juillet, par le règne simultané du sud-est et du sud-ouest, le temps est généralement orageux à Montpellier, et à l'Espérou quelques orages ou bourrasques de pluie coïncident avec l'apparition momentanée du nord-ouest, que nous voyons enfin se substituer aux vents du sud dans la soirée du 14. Alors aussi se produisaient un fort orage à Toulouse, un ouragan de grêle à Paris et de grandes perturbations dans le nord-ouest de la France. En deçà des Cévennes le baromètre passait de la pression 754^{mm} à celle de 762^{mm}. Ce jour-là, de 2^{h} à 4^{h} du matin, la pluie fut torrentielle à la station des Cévennes; et à la suite encore de l'invasion de la roudergue, le minimum thermométrique descendait de 12° à 5° et s'y maintenait jusqu'au 20 par le nord-ouest, supérieur et inférieur. Dans la soirée du 19, l'apparition des vents du sud-ouest et du Sud-Est s'y annonçait par une bourrasque de pluie; mais c'est surtout le lendemain, au moment où le nord-ouest refoule le vent du sud, que la lutte est des plus accentuées. A l'Espérou, l'orage embrassait tout le ciel : à 3^{h} on mesura 34^{mm} de pluie tombée en moins de demi-heure. Enfin le nord-ouest s'établit avec un minimum de température de 3° et un maximum de 12°. A Montpellier, le temps est resté assez orageux dans le mois de juillet; mais, généralement, la pluie s'est arrêtée au pied des Cévennes; ainsi, dans la journée du 20, on ne mesura que 6^{mm},5.

Vers le 10 du mois d'août, le sud-ouest et le sud-est se substituèrent au nord-ouest jusqu'au 15, à part quelques apparitions plus ou moins longues des vents, qui n'allaient pas tarder à céder leur place. Elles furent, en général, signalées par le baromètre, et souvent aussi par le thermomètre et l'hygromètre, en connexion plus intime avec le courant inférieur. Nous avons rappelé les circonstances extraordinaires qui, dans la journée du 14, accompagnaient à l'Espérou, comme à Montpellier, la substitution du nord-ouest aux vents marins. Le 26, par un temps orageux à Montpellier, on mesurait 11^{mm} de pluie dans les Cévennes à la suite de la lutte que les nuages du

sud-est avaient engagée avec ceux du sud. Mais c'est surtout dans la nuit du 31 août au 1er septembre que l'on put observer sur le littoral et dans la vallée du Rhône une de ces perturbations atmosphériques qui semblent établir une transition entre les orages de l'été et ceux de l'automne. Les phases diverses, qu'il fut possible d'analyser à la lueur même des éclairs, mirent en complète évidence le rôle des vents qui intervinrent. Vers 10h du soir, au plus fort de l'orage, qui dura de 8h à minuit, jaillissaient, de trois foyers différents, des gerbes de feu, entretenant, par leurs apparitions successives, une illumination continuelle. On pouvait alors reconnaître qu'un courant du sud-est allait porter sur l'Aigoual les éléments d'un premier orage. Un second du nord-ouest allait se heurter aux masses nuageuses que l'on voyait, comme à l'ordinaire, affluer du sud-ouest. Là aussi les coups de tonnerre paraissaient redoubler. Six ou sept cas de chutes de foudre intéressants, mais peu désastreux, se produisirent par une pluie diluvienne, mais répartie d'une manière assez inégale dans des stations très rapprochées, ce qui n'a pas lieu en général pour des orages du sud-est de quelque étendue, et cela encore indépendamment des circonstances locales de l'altitude : ainsi à l'École d'Agriculture (45m), à la citadelle (37m) et au Jardin des Plantes (28m) on mesura 57mm, 85mm et 74mm. La lutte se poursuivit, à la même heure, jusque sur les flancs de l'Aigoual, mais sans grande ressemblance avec les orages de septembre. On n'y mesura que 12mm d'eau de 10h à minuit. Toutefois, on y signala aussi vers le sud et l'ouest deux foyers électriques principaux, et l'on put, comme sur le littoral, voir le Nord-Ouest refouler le Sud-Est. Le baromètre subit des trépidations remarquables pendant toute la durée de l'orage, et passa, du 31 septembre au 2 août, de 756mm à 748mm. Il est à remarquer qu'une forte bourrasque était signalée sur les côtes d'Irlande où l'on mesurait la pression de 740mm, alors qu'à Montpellier, au moment de l'orage, la pression de 752mm,5 était comprise entre les isobares de 755mm et de 760mm. La première passant par le centre de la France et la seconde par Alger et Naples. La mer était d'ailleurs assez tranquille. Une prévision qui n'eût été basée que sur l'état général de l'atmosphère n'aurait donc pu être que très imparfaite. Enfin l'abaissement sensible de la température, dans toute la région, correspondit bien à la prédominance d'un des vents qui étaient en lutte et explique la petite grêle qui fut parfois mêlée à la pluie.

On se ferait une idée bien insuffisante de l'été dans les Cévennes et sur le littoral, si l'on se bornait à la description des phénomènes qui viennent de se produire dans cette saison. Nous n'avons pas à revenir sur les pluies orageuses. C'est

surtout dans l'apparition des grêles, des froides bourrasques intempestives de neige ou de pluie si redoutées à l'époque de la transhumance, de la récolte de la soie et de toutes celles qui sont alors sur pied, que l'on voit s'accentuer les contrastes atmosphériques que nous cherchons à mettre en évidence. De même que pour les pluies sirocales, l'époque de leur apparition se trouve parfois un peu déplacée; mais il est peu d'années où l'on n'ait à en signaler de bien désastreuses sur chacun des versants des Cévennes. Nous devons relater aujourd'hui l'orage de grêle qui, le 19 du mois de mai dernier, sévit surtout à Saint-André-de-Valborgne, dans la vallée du Gardon. Le temps, d'une chaleur accablante dans la matinée, devint très froid au moment de l'orage et se maintint, le lendemain surtout. Les grêlons atteignirent ou dépassèrent même le poids de 100^{gr}. Toutes les récoltes furent détruites : grand nombre d'arbres furent brisés ou ébranchés, les vignes réduites à leur souche, et les mûriers dépouillés de leurs feuilles; il fallut jeter les vers à soie. On put dire, à tous les points de vue, que l'hiver venait de succéder à l'été. Sur les flancs de l'Aigoual, à l'altitude de l'Espérou, vers 10^{h} du matin, le tonnerre et les éclairs se produisaient surtout dans les masses nuageuses qui allaient se heurter à celles qui affluaient du sud-ouest. Enfin, au moment où l'orage sévissait dans la vallée, à la suite d'une forte bourrasque, le sol se trouva recouvert de grêlons dépassant à peine la grosseur d'un pois ordinaire. On put suivre toutes les phases de l'orage à travers les départements de l'Hérault et du Gard. Après avoir abordé le plateau du Larzac, un orage de pluie longea la chaîne de la Séranne sans atteindre la plaine de Gignac et de Montpellier, d'où nous pûmes le suivre vers les hautes Cévennes. C'est sur le flanc oriental de l'Aigoual que la lutte s'engagea entre une froide bourrasque du nord et l'orage qu'elle rencontrait sur son passage. A l'entrée de la vallée de l'Hérault, une catastrophe avait paru imminente, tant était sinistre l'aspect des nuages qu'une violente rafale du sud-ouest poussait contre les masses nuageuses que le vent du nord entraînait avec lui.

Il importe de consigner dans l'histoire des météores l'orage de grêle qui éclata au Vigan, sur le versant méridional de l'Aigoual, le 15 mai 1867. Le matin, par un ciel menaçant, le soleil était brûlant. Vers 10^{h}, quelques coups de tonnerre annoncèrent l'approche d'un orage qui, par sa direction de l'ouest à l'est, comme par l'ensemble de toutes les autres circonstances de son apparition, allait être des plus redoutables. Bientôt, en effet, il se montra précédé d'un bruit étrange, rappelant celui d'une forte chute d'eau, et enfin des grêlons atteignant le volume d'une grosse noisette recouvrirent le sol d'une couche de 0^{m},35 à 0^{m},40 d'épaisseur. Toutes

les récoltes furent perdues; les vignes, les jardins potagers surtout, furent dévastés. A la suite de cet orage la température baissa rapidement et l'on se trouva en plein hiver : il gela le 23 et le 24. Les arbres souffrirent beaucoup de ce temps qui ne s'adoucit que le 27, et non encore sans compromettre la réussite de plusieurs chambrées de vers à soie.

Comme orage bien plus remarquable, à tous les points de vue, produit du reste encore par une violente *roudergue,* j'aurais à rappeler celui qui, le 15 août 1876, fut étudié dans la vallée de la Jonte et du Tarnon, c'est-à-dire tout à fait sur les flancs nord de l'Aigoual. Il a été rapporté dans les *Bulletins* des 8 et 29 octobre; nous ne nous y arrêterons pas, pour signaler aux météorologistes celui qui éclata aux environs de Villefranche du Rouergue, le 6 août 1878.

« On n'a rien vu de plus terrible, m'écrivait mon correspondant; on se demande si les vignes et les champs ont jamais été plantés ou ensemencés. Tout a disparu : les arbres ont été déracinés ou brisés, et ceux qui sont restés debout semblent avoir été dévorés par toute espèce de rongeurs. Hier les récoltes présentaient un aspect admirable, aujourd'hui rien de plus triste à voir....

Toutes les grêles qui, dans ces hautes régions, émanent du sud-ouest à nord-ouest, ne vont pas se briser au principal massif des Cévennes méridionales. Elles peuvent aussi, franchissant les hauts plateaux de l'Aveyron, les montagnes d'Aubrac, aller échouer sur les flancs des monts Lozère. Ainsi, dans la journée du 8 août 1877, un orage, porté par un vent d'une extrême violence, allait se heurter aux montagnes de la Margeride. Les récoltes y furent hachées, les arbres écorcés, tordus, arrachés. Des meules de blé furent emportées à une demi-heure de distance. L'herbe des dépaissances fut rasée sur les montagnes d'Aubrac, et des bêtes à cornes furent tuées par des grêlons d'un poids qui put dépasser 300gr. Les blessures furent comparées aux entailles produites par de fortes lames de couteau. C'est encore l'abaissement de température qui est signalé : c'est aussi la grosseur des grêlons que l'on cite comme en rapport avec la violence de l'ouragan.

L'orage qui fut étudié au Blaymard, le 17 juillet 1878, fut tout aussi intéressant par les grêlons mamelonnés qui atteignirent la grosseur du poing que par l'abaissement de température qui s'ensuivit. L'énumération pourrait être illimitée; nous devons nous borner à quelques faits intéressants pouvant suffire pour donner une idée de la variété et de la nature des phénomènes qui se produisent dans la région où l'on va en poursuivre l'étude.

D'Hombres-Firmas compte, en moyenne, 3 grêles par an dans la vallée du Gardon et remarque qu'il grêle 5 fois moins

à Nîmes qu'à Alais, c'est-à-dire moins dans la plaine qu'au pied des Cévennes. Il cite surtout 3 grêles désastreuses. Dans celle du 21 mai 1828 les grêlons pesaient plus de 4 onces. Celles du 5 juin 1818 et du 28 juin 1830 détruisirent les vignes, emportèrent les feuilles de mûrier, ce qui força beaucoup de gens à jeter les vers à soie, dont l'éducation était bien avancée. Les citations pourraient encore devenir bien plus nombreuses si l'on voulait recourir aux collections académiques ou communales ou même aux chroniques locales plus ou moins authentiques. La grêle étudiée à Montpellier, en juillet 1875, nous rappelle bien celle qui fut observée par Mourgues dans les environs de cette ville, le 22 juillet 1783, et dont le rapport fut consigné dans les Mémoires de l'Académie de Paris. Certains grêlons pesaient 2 livres.

D'autres grêles désastreuses furent observées au Vigan le 21 juin 1701, le 17 août 1787.

Le 21 juin 1539 fut un jour de deuil pour la ville d'Anduze et ses environs. Un ouragan des plus affreux fut consigné dans le plus ancien registre des délibérations de la commune. « Ce jour-là tombèrent plusieurs pierres de tempête qui pesaient plus de 9 livres. »

Aux désastres causés par la foudre, les pluies et les grêles, nous aurions encore à ajouter une liste tout aussi longue de ceux engendrés par les froides bourrasques. C'est par centaines et parfois par milliers que périssent les bêtes à laine. D'Hombres-Firmas cite plusieurs cas semblables à bien d'autres observés de nos jours. « Du 20 au 21 juillet 1824 la neige couvrait le mont Lozère, il y en avait $0^m,20$ à mi-côte. Les moutons qui étaient en route ou sur les hauteurs à cette époque ont beaucoup souffert. Le froid, d'autant plus sensible pour les bêtes récemment dépouillées de leur laine, de fortes averses, les coups de vent et les torrents qui se formaien dans les sentiers en firent périr un grand nombre.

Concluons enfin qu'en été, de même que dans les autres saisons, l'observation pourra être des plus fécondes sur le mont Aigoual, qu'il s'agisse de procéder à une étude rationnelle des météores ou d'aviser au moyen d'en faire profiter la riche et savante agriculture méridionale, si souvent atteinte de toute manière. Ces questions, que nous aurons à aborder, se présentent naturellement à la suite des considérations générales que nous avons exposées dans nos précédentes études.

Le Gérant : E. Cottin,

A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

BULLETINS HEBDOMADAIRES Nos 196 ET 197.

30 décembre 1883 et 6 janvier 1884.

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES ET LITTÉRAIRES.

ANNÉE 1884.

Dans sa dernière séance, le Conseil de l'Association a décidé que les Conférences scientifiques et littéraires commenceront le samedi 19 janvier prochain et se termineront le samedi 5 avril. Elles auront lieu, comme les années précédentes, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, à 8h30m du soir, dans l'ordre suivant :

Samedi 19 janvier.

1° M. **Marcel Deprez** : *Transmission de la force par l'électricité.*

Samedi 26 janvier.

2° M. **Ferdinand Brunetière** : *Les Salons dans la littérature française au* XVIIe *et au* XVIIIe *siècles.*

Samedi 2 février.

3° M. **Amédée Bouquet de la Grye,** conservateur des forêts : *Reboisement des montagnes.*

Samedi 9 février.

4° M. **George Duruy,** professeur agrégé d'Histoire au lycée Henri IV, docteur ès lettres : *L'alliance de la France et de la Turquie au* XVIe *siècle.*

Samedi 16 février.

5° M. **Franck Geraldy,** ingénieur des Ponts et Chaussées : *Progrès récents de la téléphonie.*

Samedi 23 février.

10° M. **Maurice Albert,** professeur au lycée Condorcet : *Une Lecture à Rome sous l'empereur Trajan.*

Samedi 1er mars.

7° M. **Anatole Bouquet de la Grye**, ingénieur hydrographe, président de l'Association française pour l'avancement des Sciences : *Les mouvements de la mer.*

Samedi 8 mars.

8° M. **Revillout**, professeur au Musée du Louvre : *De la Famille en Égypte.*

Samedi 15 mars.

9° M. **Faye**, membre de l'Institut : *La Figure de la Terre.*

Samedi 22 mars.

6° M. **Laurent de Rillé**, inspecteur général du chant : *L'Œuvre de Charles Gounod.*

Samedi 27 mars.

11° M. **A. Bertrand**, membre de l'Institut, conservateur du Musée de Saint-Germain : *Tableau de la civilisation des tribus aryennes dans la vallée du Danube et dans la vallée du Pô, antérieurement à l'époque de la fondation de Rome.*

Samedi 5 avril.

12° M. **Dieulafait**, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille : *Origine et mode de formation des phosphates de chaux en amas dans les terrains secondaires employés en Agriculture.*

Les Cartes, dont la présentation est nécessaire pour entrer dans l'amphithéâtre, sont délivrées par M. Cottin, au Secrétariat de la Faculté des Sciences, à la Sorbonne, escalier n° 3. Ce bureau est ouvert tous les jours de 1h à 4h.

Les Membres perpétuels qui en feront la demande pourront avoir des places numérotées qui leur seront réservées, mais dont on disposera dix minutes avant l'ouverture de la séance si elles ne sont pas occupées.

Les personnes qui désireront faire partie de l'Association et avoir à ce titre leur entrée aux conférences devront en faire la demande par écrit.

CONFÉRENCE SUR LES VOLCANS (1),

FAITE A L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE,

Par M. CH. VÉLAIN, docteur ès sciences naturelles,
Maître de conférences à la Sorbonne.

§ 2.

LES ÉMANATIONS VOLATILES.

Fumerolles, Solfatares et Geysers, Salses et Mofettes.

Le tableau abrégé des manifestations volcaniques que nous venons de présenter montre combien ces phénomènes, malgré leur apparente complexité, sont réglés par des lois générales qui leur donnent un caractère de grande uniformité.

Chaque éruption comporte, en premier lieu, une explosion, accompagnée de projections, plus ou moins violentes, suivant l'intensité des dégagements gazeux. L'émission des laves ne se fait ensuite que tardivement, dans les conditions que nous avons définies, et longtemps après que leur sortie a cessé, et que toute trace d'incandescence a disparu de leur surface complètement refroidie, ces dégagements de gaz et de vapeurs se maintiennent jusqu'à l'épuisement complet du volcan.

Un grand nombre de volcans éteints présentent, ainsi, des restes d'activité, pendant de longues années, après l'extinction apparente des feux qui les avaient animés.

L'épanchement des laves, souvent considéré comme le fait capital de l'éruption volcanique, est donc loin d'en être le phénomène le plus constant et par suite le plus caractéristique; le dégagement des matières volatiles et principalement celui de la vapeur, dont le rôle est prépondérant dans toutes les phases diverses de l'éruption, depuis son commencement jusqu'à sa fin, est celui qui donne, à ces manifestations actuelles de l'activité interne du globe, son caractère le plus franc.

Émanations volatiles. — Ces émanations gazeuses qui s'échappent ainsi des cratères en activité, des coulées de laves incandescentes ou refroidies, et jusque des moindres crevasses du sol, aux abords des massifs volcaniques, constituant tous ces dégagements de gaz et de vapeurs connus sous les noms de *fumerolles, solfatares* et *mofettes,* sont très complexes. Indépendamment d'une quantité énorme de vapeur d'eau (2), elles

---

(1) *Voir* les *Bulletins* n°s 191, 192 et 193.

(2) On a pu évaluer à 22000^mc la quantité d'eau vomie journellement à l'état de vapeur, par les cratères adventifs de l'Etna, en 1865 : ce qui équivaut à 2000000^mc d'eau pour les cent neuf jours qu'a duré cette éruption.

comprennent, avec les acides chlorhydrique, sulfurique, sulfureux, sulfhydrique, carbonique, de l'hydrogène et des hydrocarbures dont la présence, authentiquement constatée au Vésuve et dans plusieurs autres volcans actifs, rend bien compte de ces flammes volcaniques, qui ont été si longtemps contestées, malgré les observations de Humboldt et de Boussingault sur les grands volcans des Andes, de Bory de Saint-Vincent, à la Réunion, et celles plus récentes de Verdet, au Vésuve (1856 et 1859).

A ces produits gazeux il convient d'ajouter un grand nombre de chlorures anhydres et de composés salins qui se dégagent encore à l'état volatil de la lave en fusion et présentent ce caractère important, d'être, pour la plupart, tenus en dissolution dans les eaux marines [1].

Parmi ces substances, qui ont la propriété de se condenser sur les parois des fumerolles par voie de refroidissement, à l'état cristallin, et se présentent aussi souvent en amas dans les anfractuosités des coulées de lave, les chlorures de sodium et de potassium se signalent par leur abondance. Ils s'accompagnent constamment et [2] l'on a pu faire, à diverses reprises, cette remarque intéressante que ces deux sels se présentent, dans ces nouvelles conditions, en proportions sensiblement égales à celles qu'ils possèdent dans l'eau de mer. M. Scacchi a montré l'existence du fluor dans la lave du Vésuve en 1857; Ch. Sainte-Claire Deville, celle de l'iode, dans les émanations gazeuses des volcans; enfin les phosphates s'observent dans presque toutes les laves.

Un fait plus important, signalé pour la première fois par M. Fouqué, sur l'Etna, est l'existence du carbonate de soude dans les produits des fumerolles sèches. Les crevasses de la lave de 1669, en particulier, sont à ce point remplies par ces amas de carbonate de soude, qu'elles sont devenues l'objet d'une exploitation industrielle.

La présence de ce sel au milieu des coulées tient aux phénomènes de dissociation qui se produisent sous l'influence d'une haute température et d'une faible pression, au moment où la lave se répand à la surface du sol. On peut alors supposer que les sels de soude, transportés dans la lave fondue à l'état de silicates, se décomposent et donnent de la soude caustique, qui se transforme bientôt en carbonate, en présence de l'acide carbonique, qui dans le même temps se dégage par les ouver-

---

[1] A cette seule exception près des bromures qui n'ont jamais été signalés dans les émanations.

[2] M. Fouqué, *Rapport sur les phénomènes de l'éruption de l'Etna en 1865*, p. 56.

tures soit du cratère, soit de la montagne, dans le cas de coulées latérales.

Enfin, aux températures encore plus élevées, il se forme encore, tantôt par volatilisation, tantôt par une sorte de distillation aqueuse, des chlorures de fer, de cuivre, de manganèse, avec d'autres substances métalliques, telles que le fer oligiste spéculaire et l'oxyde de cuivre, qui, très fréquents au Vésuve, se présentent là comme un produit de la décomposition des chlorures de fer et de cuivre par la vapeur d'eau.

Cette liste, déjà longue, des produits volatils reconnus dans les volcans s'accroît chaque jour par des découvertes nouvelles. Leur rôle dans l'appareil volcanique est considérable; ils précèdent, accompagnent et suivent toutes les éruptions. Ce sont eux qui, dans les grands paroxysmes, forment au-dessus des cratères brûlants ces nuages épais, ces colonnes de fumée étalées, au sommet, en un panache horizontal si souvent décrit [1]. Plus tard on les retrouve à l'état de fumées blanches, s'élançant par bouffées, avec des sifflements aigus, des crevasses, des moindres interstices de la lave, alors qu'elle est refroidie, donnant lieu alors aux *fumerolles*, qui s'échelonnent sur le trajet des crevasses et sur les pentes du volcan.

Toutes ces substances étant contenues dans la lave au moment de son émission, il est incontestable qu'il existe une liaison entre ces deux sortes de produits liquides et gazeux. Quelles sont ces relations? Quelle est surtout l'origine de ces substances qui, issues ainsi des profondeurs, viennent se condenser à la surface du sol? Quelles sont les variations qu'elles doivent présenter dans leur composition suivant les diverses phases d'activité auxquelles elles correspondent? Telles sont les questions importantes qui pouvaient encore se poser dans toute leur intégrité, à l'époque où Charles Sainte-Claire Deville gravissait les volcans.

Avant la publication de ses travaux importants, tout n'était pour ainsi dire que chaos et désordre dans les volcans. De quelques faits de détails considérés isolément, ses devanciers en avaient conclu hâtivement à la généralité, et prenant pour un état constant ce qui n'était que transitoire, ils considéraient les volcans comme caractérisés par la production de certains mélanges gazeux, variant avec chacun d'eux et s'y produisant constamment sans changer de nature, ni même de composition avec le temps. C'est ainsi que le Vésuve devait rejeter constamment de l'acide chlorhydrique et des chlorures, tandis que le soufre et ses composés dominaient à l'Etna, l'acide carbonique dans les grands volcans à projections des Andes, etc.

---

(1) Nubes oriebatur cujus formam non alia magis arbor quam pinus expresserit. PLINE LE JEUNE, *Epistol. VI*, p. 16.

Ces idées fausses avaient force de loi quand Charles Sainte-Claire Deville aborda l'étude des phénomènes volcaniques. Dès ses premiers voyages en Italie, en Sicile, il fit voir, non seulement que tous les produits volatils que nous avons définis pouvaient se rencontrer dans un même volcan, mais que chacun d'eux ne s'y manifestait qu'à certains moments déterminés, de telle sorte que la nature d'une même émanation variait d'une façon constante avec le degré d'activité du foyer éruptif qui l'émet.

On lui doit aussi d'avoir signalé et établi le premier les relations fixes qui existent entre la température des fumerolles et la composition des matières qui s'y trouvent volatilisées. La découverte des lois qui régissent ainsi leur répartition dans le temps et dans l'espace est de beaucoup le plus grand progrès qui, dans ce siècle, ait été réalisé dans l'histoire des volcans.

C'est le Vésuve qui a été son premier champ d'études. L'éruption de 1855 lui fournissant des conditions éminemment favorables pour l'étude des gaz et des vapeurs qui se dégagent, soit des cratères actifs, soit des laves, aux différentes périodes de leur refroidissement, il transporta ses réactifs et ses délicats instruments de récolte et d'analyse des gaz sur les fumerolles issues des points encore incandescents, établissant ainsi, sur les flancs du volcan, alors qu'il était en pleine activité, une série méthodique d'expériences qui le conduisirent, du premier coup, à formuler cette loi de la variation des émanations volatiles, avec le temps écoulé depuis l'origine de l'éruption et avec la distance au centre éruptif.

Ses observations, sur la succession des phénomènes dont il fut alors témoin, sont consignées dans des lettres à M. Dumas, à M. Élie de Beaumont ou à son frère, M. Henri Sainte-Claire Deville, insérées dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* (¹). Il commença par démontrer qu'un volcan ne peut se caractériser par un produit volatil particulier, mais que tous les mélanges gazeux, signalés dans les diverses émanations, se rencontrent autour du même foyer éruptif, dans des conditions qu'il s'appliqua dès lors à déterminer. Puis, l'éruption terminée, il étendit ce premier voyage à l'Etna et aux îles éoliennes pour compléter ses recherches, et surtout pour passer des manifestations d'un volcan actif dans son plus haut degré d'énergie, comme le Vésuve et l'Etna, à celles d'une bouche qui, comme le Stromboli, projette toutes les dix minutes des masses de matières gazeuses et des blocs incandescents, aux émanations des solfatares d'intensité décroissante (Vulcano, lac d'Agnano), et pour arriver enfin aux

(¹) *Comptes rendus*, t. XL, XLI, XLIII.

salses et mofettes, aux dégagements d'acide carbonique et d'hydrogène carboné de la Sicile, qui occupent un des derniers rangs dans l'échelle des phénomènes éruptifs.

Dans le Mémoire qui résume tant de recherches expérimentales et d'observations délicates, il établit l'ordre hiérarchique qui lie entre elles ces diverses manifestations de la même force et, après avoir montré la liaison intime qui existe entre les fumerolles et leur température, il classe les émanations volcaniques en six catégories, rangées d'après leur ordre d'apparition, comme par rapport à leur distance du foyer éruptif, ou ce qui revient au même, relativement au temps, à l'espace et à la température; ce sont :

1° Les *fumerolles sèches*, ou anhydres, presque uniquement formées de chlorures anhydres (chlorures de fer, de manganèse, de cuivre, etc.), parmi lesquels dominent les chlorures de sodium et de potassium; elles ne se dégagent que de la lave en fusion, à une température élevée (dépassant celle de la fusion de zinc, 500°) et ne contiennent jamais de vapeur d'eau.

2° *Fumerolles acides :* acides chlorhydrique et sulfureux, accompagnés de vapeur d'eau.

Situées, en général, sur la crête des moraines latérales des coulées, elles se font encore remarquer par leur haute température, inférieure à celle de la fusion du cuivre (300° à 400°). Elles donnent lieu à d'abondantes fumées blanches, consistant en un mélange d'acide chlorhydrique, d'acide sulfureux avec une grande proportion de vapeur d'eau. Ces fumerolles, toujours chargées de vapeur d'eau, rougissent le papier de tournesol; elles donnent un dépôt brillamment coloré de perchlorure de fer, qui au contact de l'humidité de l'air se transforme facilement en oxyde; le soufre, qui s'y dépose également, se présente sous la forme de petits amas mamelonnés ayant subi une fusion partielle. L'abondance des deux acides précités, dans les fumerolles de ce second groupe, fait qu'on les désigne généralement sous le nom de fumerolles *chlorhydro-sulfureuses.*

3° *Fumerolles alcalines :* les fumerolles d'ordre inférieur sont alcalines, et souvent dites *ammoniacales,* en raison de l'abondance du chlorhydrate d'ammoniaque qui remplace ici les chlorures précédents. Ce corps, décomposé par la volatilisation, dégage de l'ammoniaque.

La vapeur d'eau s'en dégage par quantités énormes; quand elle s'accompagne d'acide sulfhydrique, ce gaz, se décomposant au contact de l'air, donne lieu à des dépôts de soufre octaédrique. La température de ces fumerolles se tient en moyenne à 100°.

4° *Fumerolles froides :* ces fumerolles, à basse température

(inférieure à 100°), ne donnent plus que la vapeur d'eau presque pure, accompagnée d'un peu d'acide carbonique et parfois d'hydrogène sulfuré, qui donne lieu alors aux *fumerolles sulfhydriques*.

5° *Mofettes* : ces émanations, qui marquent la fin de l'éruption, sont composées en majeure partie d'acide carbonique, associé à des proportions variables d'azote et d'oxygène qui représentent de l'air dépouillé d'une partie de son oxygène (les proportions habituelles sont 19,4 de ce gaz pour 80,6 d'azote). Elles se font à la température du sol où elles se dégagent, et sont, le plus souvent, accompagnées de vapeur d'eau, dont le dégagement se maintient seul, longtemps après, et présente ainsi le dernier acte de l'éruption.

Sur le trajet des coulées de lave, il est toujours facile de vérifier la relation qui existe entre la température des fumerolles et la composition des produits gazeux qu'elles rejettent. Les fumerolles sèches sont concentrées au point d'émission où se fait le maximum d'activité; on rencontre ensuite successivement les diverses autres, dans l'ordre décroissant que nous avons indiqué.

La même succession s'observe dans le sens transversal des coulées; M. Fouqué a pu reconnaître, de la sorte, en 1865, à l'Etna, sur la lave de Frumento, ces fumerolles sèches localisées au centre de la coulée, celles acides plus près du bord, et tout à fait, au bord, celles alcalines. Ces trois variétés de fumerolles se trouvaient ainsi sur une même section transversale de la coulée, à moins de 50^m de distance l'une de l'autre avec la température et la composition chimique que leur assignait leur situation [1]. Un autre fait remarquable a été reconnu là par le savant observateur et vérifié plus tard à Santorin, pendant la formation du Giorgios en 1866.

C'est que tous les produits gazeux, qui s'échelonnent ainsi sur la montagne volcanique, suivant la décroissance de l'activité, peuvent se trouver dans les fumerolles de l'ordre le plus élevé. La localisation des éléments caractéristiques des fumerolles, telle qu'elle avait été établie par M. Ch. Sainte-Claire Deville, n'est donc pas absolue.

D'après ces données nouvelles, dans les émanations volcaniques diverses, il y aurait simplement disparition graduelle des éléments dans l'ordre inverse de leur volatilité, et non remplacement de certains éléments par d'autres. En d'autres termes, tous les produits volatils des éruptions volcaniques pourraient se rencontrer dans les fumerolles d'ordre supérieur et cesseraient de se montrer, dans celles d'ordre inférieur, à

---

[1] Fouqué, *Lettre à M. Ch. Sainte-Claire Deville* (*Comptes rendus*, t. LX, p. 552).

mesure que le degré de chaleur deviendrait insuffisant pour les volatiliser ou pour favoriser la réaction chimique qui leur donne naissance. C'est pour cette raison que les sels alcalins, qui sont presque fixes, cessent les premiers de figurer dans les fumerolles; le chlorure de fer, le chlorhydrate d'ammoniaque manquent ensuite. L'acide sulfureux ne se montre plus lorsque l'acide sulfhydrique, de la combustion duquel il provient, n'est plus assez chauffé pour être brûlé; l'acide chlorhydrique, lorsque le degré de chaleur est insuffisant pour amener la décomposition du chlorure de sodium en présence de la vapeur d'eau et des roches, enfin les gaz permanents et peu solubles dans l'eau restent les derniers. Tel élément, qui était relativement peu important dans les dépôts formés au début d'une éruption, devient plus tard prédominant uniquement parce que les matières volatiles ont peu à peu disparu des fumerolles, sans que cet élément lui-même se produise en plus grande abondance.

Cette hypothèse rend rationnelle la loi sur la distribution des émanations, que l'on doit à Charles Deville : elle rend bien compte de la liaison intime qui existe entre la température et la composition des fumerolles; enfin elle a l'avantage de pouvoir être expliquée à l'aide des lois connues de la Physique et de la Chimie, tandis qu'autrement on comprendrait difficilement comment un amas de lave fondue pourrait émettre des vapeurs de chlorures alcalins et conserver dans son sein de la vapeur d'eau et d'autres matières très volatiles, pour les abandonner ensuite à une température plus basse.

Phase solfatarienne du volcanisme. — Les fumerolles sulfhydriques et surtout celles à température plus basse, chargées de gaz carbonés, persistent longtemps. Un grand nombre de régions volcaniques, après l'extinction apparente des feux qui les ont animées, présentent ainsi des manifestations secondaires, caractérisées par le maintien des substances volatiles.

Tantôt ce sont des dégagements sulfureux qui, s'effectuant par toutes les fissures du sol, se décomposent lentement à l'air en déposant le soufre des *solfatares*. Ailleurs, c'est l'eau bouillante, qui jaillit en merveilleux *geysers*, ou qui s'échappe plus lentement sous la forme de sources thermales chargées de principes minéraux divers, empruntés au sol sous-jacent.

Enfin au dernier échelon des phénomènes volcaniques se trouvent ces dégagements d'acide carbonique et d'hydrocarbures, donnant lieu aux *salses* et aux *mofettes*, qui représentent le dernier acte d'une activité depuis longtemps affaiblie.

Solfatares. — Le type de ces émissions solfatariennes ne saurait être mieux choisi qu'au *Vulcano*, dans les îles Lipari. La soufrière de Vulcano (*fig.* 26) n'est autre qu'un ancien

cratère qui, depuis 1786, date de sa dernière éruption, est réduit à la condition de solfatare.

Les vapeurs qui s'en échappent par torrents, avec des sifflements aigus, consistent principalement en vapeur d'eau mélangée d'hydrogène sulfuré. Aussitôt son arrivée à l'air, ce gaz se décompose; son hydrogène va former de l'eau avec l'oxygène de l'air, tandis qu'une partie du soufre se dépose. Les produits sulfureux qui résultent de cette décomposition, en s'oxydant à leur tour, attaquent vivement les parois du cratère, formées d'une lave poreuse de nature trachytique, en

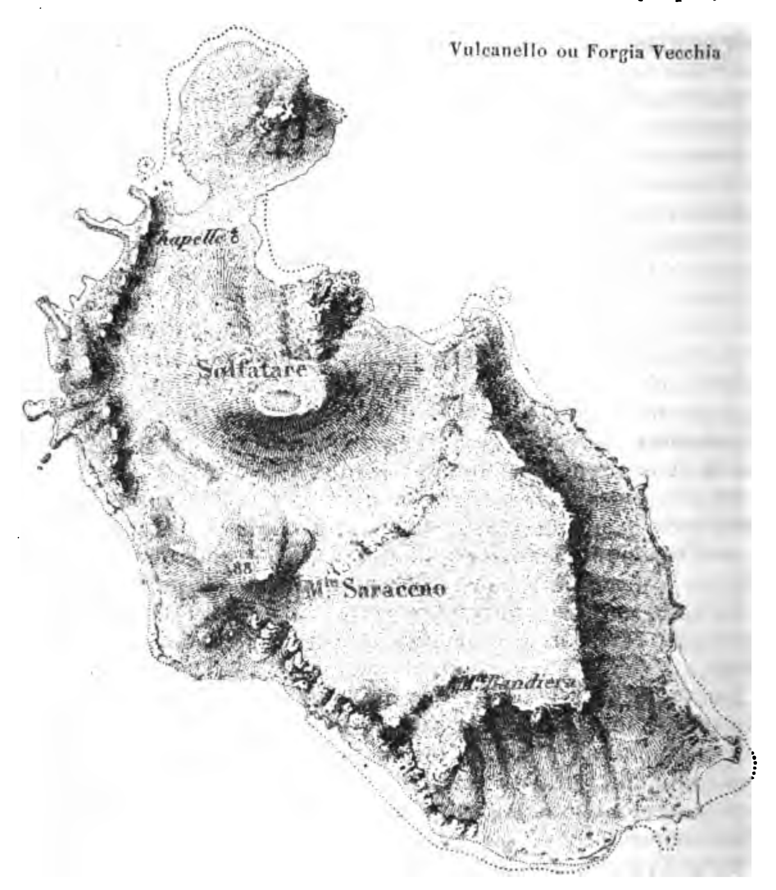


Fig. 26. — Vulcano et sa solfatare (îles Lipari).

donnant lieu à des incrustations de gypse et d'alun. Au travers des brouillards épais qui remplissent cette immense chaudière, on aperçoit ainsi les bords de l'orifice, vivement colorés en rouge et en jaune, rayés çà et là par de grandes traînées

blanches, par toutes ces productions cristallines où dominent le soufre octaédrique, l'alun et l'acide borique en longues aiguilles fines, aussi blanches que le duvet du cygne. La chaudière, car c'est bien l'expression qui convient à ce vaste laboratoire naturel, où s'effectuent toutes ces opérations chimiques, n'a pas moins de 2^km de circonférence, avec 300^m de profondeur.

Parfois il se produit une certaine recrudescence d'activité dans ces fumerolles. En 1866, par exemple, alors que les flancs de l'Etna s'entr'ouvraient pour livrer passage à la coulée de Frumento, le Stromboli et surtout le Vulcano ont ressenti les effets de cette poussée volcanique. Dans l'intérieur du cratère de ce dernier volcan, M. Fouqué a pu constater que les fumerolles, portées à une température dépassant celle de la fusion du zinc, déposaient du chlorure de fer, du chlorhydrate d'ammoniaque. Des fumerolles chlorhydrosulfureuses, établies alors sur les pentes du volcan, dégageaient en même temps de l'acide carbonique dont la proportion croissait avec la diminution notable de la température des divers groupes de fumerolles.

Voici les nombres fournis par quelques-unes des analyses faites sur place par M. Fouqué :

	Fumerolle fortement acide avec dépôt de AsS^2, de Fe^2Cl^3 et de AzH^4Cl. Température supérieure à 360°.	Fumerolle fortement acide avec dépôt de AsS^2, de Fe^2Cl^3 et de AzH^4Cl. $t = 250°$.	Fumerolle fortement acid avec dépôt de AsS^2, de Fe^2Cl^3 et de AzH^4Cl. $t = 150°$.
Acides chlorhydrique et sulfureux	73,80	66,00	27,19
Acide carbonique	23,40	22,00	59,62
Oxygène	0,52	2,40	2,20
Azote	2,28	9,60	10,99
	100,00	100,00	100,00

Les fumerolles à dépôt de soufre pur, avec acide borique, concentrées au voisinage de la mer, s'effectuant à une température de 100° ne contenaient plus, par places, que des traces d'acide chlorhydrique. Enfin dans les dégagements gazeux qui s'effectuaient, sous les eaux marines, portées sur toute la zone littorale à une température de 40° à 50°, l'acide sulfhydrique lui-même avait disparu pour faire place à l'acide carbonique, qui se dégageait seul avec de l'air désoxygéné, ainsi qu'en témoignent les analyses suivantes :

	Gaz de l'*Acqua bollente*.	Gaz recueilli sur le bord de la mer, près de l'*Acqua bollente*.	Gaz recueilli à 50^m.	Gaz recueilli à 200^m.	Gaz recueilli à 250^m.
Acide sulfhydrique.	17,55	traces	traces	0,0	0,0
Acide carbonique..	77,02	97,12	86,76	72,34	38,79
Oxygène	0,70	0,48	1,89	2,13	3,79
Azote	4,73	2,40	11,35	25,53	57,42
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Ces observations intéressantes viennent apporter aux relations établies entre la température et la composition des fumerolles, sur les coulées de lave, une éclatante confirmation.

Peu de temps après, la solfatare ayant repris le jeu normal de son activité, les ouvriers accoutumés à vivre dans le feu, comme les salamandres légendaires, purent de nouveau descendre dans le cratère pour recueillir le soufre et l'acide borique qui constituent là des richesses pour ainsi dire inépuisables, puisque la matière exploitée se renouvelle à mesure qu'on l'extrait.

La solfatare de Vulcano ne produit guère annuellement plus d'une dizaine de tonnes de soufre par an, mais celles célèbres de la Sicile, que l'on exploite depuis des siècles, n'en fournissent pas moins, chaque année, de 200000 tonnes au commerce (1).

Auprès de Naples, au milieu des champs Phlégréens, la solfatare bien connue de Pouzzoles n'est autre également qu'un ancien volcan dont les phases paroxysmales ont cessé depuis 1198. Son activité, plus considérable que celle de Vulcano, est aussi en relation directe avec celle du Vésuve, situé dans le voisinage, sur la même ligne de fracture.

Un grand nombre de volcans semblent ainsi destinés à traverser cette phase solfatarienne avant d'arriver à leur épuisement complet, marqué par les dégagements d'acide carbonique.

Depuis sa terrible éruption de 1773, le Pepandajang de Java est ainsi devenu une immense solfatare, en constante activité. Le murmure des salses, l'explosion des fontaines gazeuses, le sifflement des fumerolles, produisent un fracas semblable à celui d'une usine en marche, d'où le nom de Pepandajang ou « Forge », qui lui a été appliqué (2).

Il en est de même pour le *Popocatepelt,* « la Montagne fumante », qui se dresse au milieu des cimes colossales de la Cordillère mexicaine, à 5230^{m} de haut. Son cratère, qui devait être un des plus actifs du groupe, si l'on en juge par la couche immense de cendres et de scories qui recouvre ses flancs et s'étend à 20 lieues à la ronde, en comblant des précipices sur une épaisseur de 50^{m} à 60^{m} (3), porté à une telle altitude, qu'on l'aperçoit de Mexico, éloigné de 20 lieues, est maintenant couvert de neiges. Sous ce manteau de glace, où règne un hiver éternel, le soufre brûle et vient se sublimer contre les parois.

C'est dans cette immense solfatare que Fernand Cortez,

(1) Élisée Reclus, *La Terre*, p. 672.

(2) de Lapparent, *Traité de Géologie*, p. 475.

(3) Relation de M. Tacqui, d'après Boscowitz, *Les volcans*, p. 371.

après la prise de Mexico, est venu chercher le soufre pour fabriquer la poudre qui lui manquait. Aujourd'hui encore cet abîme, profond de 1000 pieds, est l'objet d'une exploitation active. Des ouvriers cramponnés à un gros câble, solidement attaché à quelque anfractuosité de rocher au bord du goufre, détachent ainsi des parois, à une profondeur de 80^{m}, de longues stalactites de soufre, qui sont ensuite ramenées, avec des treuils, à la surface du cratère.

Geysers. — Ces sources intermittentes, qui se rattachent intimement aux solfatares, doivent compter comme les phénomènes les plus importants parmi ceux qui sont, ainsi, le signal d'une activité volcanique à son déclin. On peut les considérer comme des volcans d'eau. Ce sont, en effet, des gerbes d'eau bouillante, qui s'élancent par jets intermittents, au-dessus de véritables orifices cratériformes, comparables aux bouches des volcans et construits, de même, par leurs produits.

Tous les geysers présentent un cône aplati, supportant un large bassin circulaire, au centre duquel vient déboucher un canal tubulaire qui sert à l'arrivée de l'eau.

Ce cône est entièrement formé par des concrétions siliceuses faites d'une variété particulière de silice hydratée que les minéralogistes ont dénommée *geysérite*, en raison de son origine. Les eaux des geysers contiennent en dissolution une grande proportion de cette silice, qui se dépose alors rapidement sur les bords du bassin et sur tout le parcours des rigoles, ruisselant autour de lui, quand les eaux débordent et font éruption.

Dans les périodes de calme, l'eau qui remplit ce bassin est ordinairement tranquille, d'une limpidité absolue, avec des teintes d'un bleu azuré; c'est à peine si quelques bulles, sortant de la bouche du geyser, qu'on aperçoit distinctement dans le fond, viennent, de temps en temps, troubler cette belle transparence, qu'aucun nuage ne ternit.

Rien ne signale, par conséquent, l'activité qui règne au-dessous, et qui de temps à autre se traduit par de violentes éruptions, ayant pour effet de projeter en l'air toute l'eau contenue dans ce bassin, sous forme d'une gerbe jaillissante, s'élevant parfois à de grandes hauteurs.

Variations dans l'activité geysérienne. — Ces éruptions sont le trait caractéristique du geyser; elles sont en général annoncées par des bruits souterrains, accompagnés d'ébranlement du sol. L'eau s'agite alors dans le bassin et tourbillonne en tous sens; d'énormes bulles de vapeur viennent éclater à sa surface; et tout à coup, une puissante colonne d'eau s'élance verticalement à une grande hauteur et s'y maintient pendant quelques minutes, entourée d'un nuage de vapeurs; à peine retombée dans le bassin, un autre jet reparaît, s'élève à une

hauteur plus grande, et parfois de véritables fusées d'eau s'élancent en gerbes dans toutes les directions; puis le calme renaît, le bassin vidé se remplit de nouveau, et l'eau, après avoir repris son ancien niveau, s'y maintient pendant un temps plus ou moins long.

La durée de ces éruptions varie, mais ne dépasse guère, dans les plus puissants de ces appareils, une dizaine de minutes. Elles se renouvellent à des intervalles plus ou moins rapprochés, et cela d'une façon souvent très irrégulière pour chacun.

Geysers islandais. — Les geysers les plus anciennement connus et les plus étudiés sont ceux d'Islande. C'est là qu'ils ont pris leur nom; *geyser*, dans la langue islandaise, veut dire *furieux*.

On les trouve réunis en nombre considérable au milieu d'une grande plaine, entourée de glaciers, dans la partie sud-ouest de l'île, qui depuis longtemps n'est plus soumise aux feux des volcans. Parmi ces sources, le *grand geyser* se signale par son importance. Son bassin, large de 18^{m} à 20^{m} avec une profondeur de $2^{m},30$ environ, s'élève de 5^{m} à 6^{m} seulement au-dessus du sol. La colonne d'eau, qui s'en échappe à des intervalles de vingt-quatre ou trente heures en moyenne, atteint souvent 50^{m} de haut. L'eau bouillante forme alors une gerbe évasée, couronnée de gros flocons blancs de vapeurs; elle retombe de tous côtés par gouttelettes en une pluie dense et serrée que les rayons du soleil croisent de divers arcs-en-ciel. Un deuxième, puis un troisième jet se succèdent rapidement; mais ce magnifique spectacle ne dure que quelques minutes.

Autrefois, ces éruptions se faisaient, au grand geyser, avec une certaine régularité; à l'heure présente il n'en est plus de même, on attend souvent des semaines entières avant qu'une explosion se produise.

Fort heureusement pour les visiteurs, il est, à côté de ce grand appareil, un petit geyser, le *Strokkur*, qui est plus complaisant. L'eau s'y maintient constamment en ébullition; en jetant des mottes de terre dans la cheminée, on peut, plusieurs fois par jour, provoquer des éruptions, qui se font parfois violentes et durent un quart d'heure, en se renouvelant 15 à 20 fois.

Geysers remarquables. — Parmi les régions volcaniques qui se signalent encore par leur activité geysérienne, il faut signaler la Nouvelle-Zélande, où, dans une seule vallée, sur un espace de 2^{km} tout au plus, on compte 76 de ces sources intermittentes qui occasionnent, par leurs jets presque continus, une véritable rivière d'eau bouillante, présentant des cascades qui descendent de 25^{m} de haut et sont formées d'une succession de terrasses siliceuses, du plus singulier effet, occasionnées par les dépôts de silice que ces eaux abandonnent en s'écoulant.

Geysers de la Nouvelle-Zélande. — Tel est, par exemple, le célèbre *Te-ta-Rata* (*fig.* 27), source jaillissante qui, descendant de terrasse en terrasse jusqu'au lac de Rotora, alimenté par ces eaux bouillonnantes, peut être considéré comme la plus grande merveille de ce merveilleux pays.

Sur la pente d'une colline couverte de fougères, à peu de distance d'un vaste cratère d'explosion, le *Rotomahana,* constamment rempli lui-même par des eaux thermales hautement minéralisées, se trouve le principal bassin de cette immense fontaine geysérienne, rempli jusqu'au bord par une eau claire

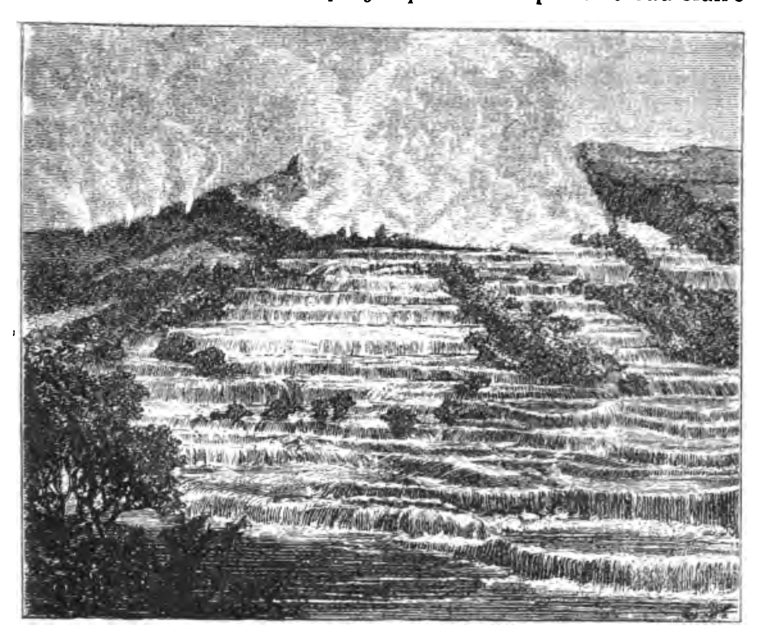


Fig. 27. — Le Te-ta-Rata (Nouvelle-Zélande, d'après M. de Hochstetter).

et limpide, d'un bleu d'azur, portée à une température voisine de 100°. D'immenses nuages de vapeur s'échappent par torrents de cette énorme chaudière, constamment en ébullition. A des intervalles très éloignés, cette grande masse d'eau, violemment projetée dans les airs, laisse voir pendant quelques instants le bassin complètement vide, qui se remplit ensuite très promptement et reprend sa tranquillité habituelle. La source du Te-ta-Rata est ainsi un geyser à longues intermittences, comme celles actuelles du grand geyser d'Islande, mais la masse d'eau projetée est beaucoup plus considérable.

Geysers du Yellowstone. — La région des sources chaudes, découverte récemment dans les montagnes Rocheuses, près des sources du Yellowstone et du Madison ou *Fire-hole,* tous

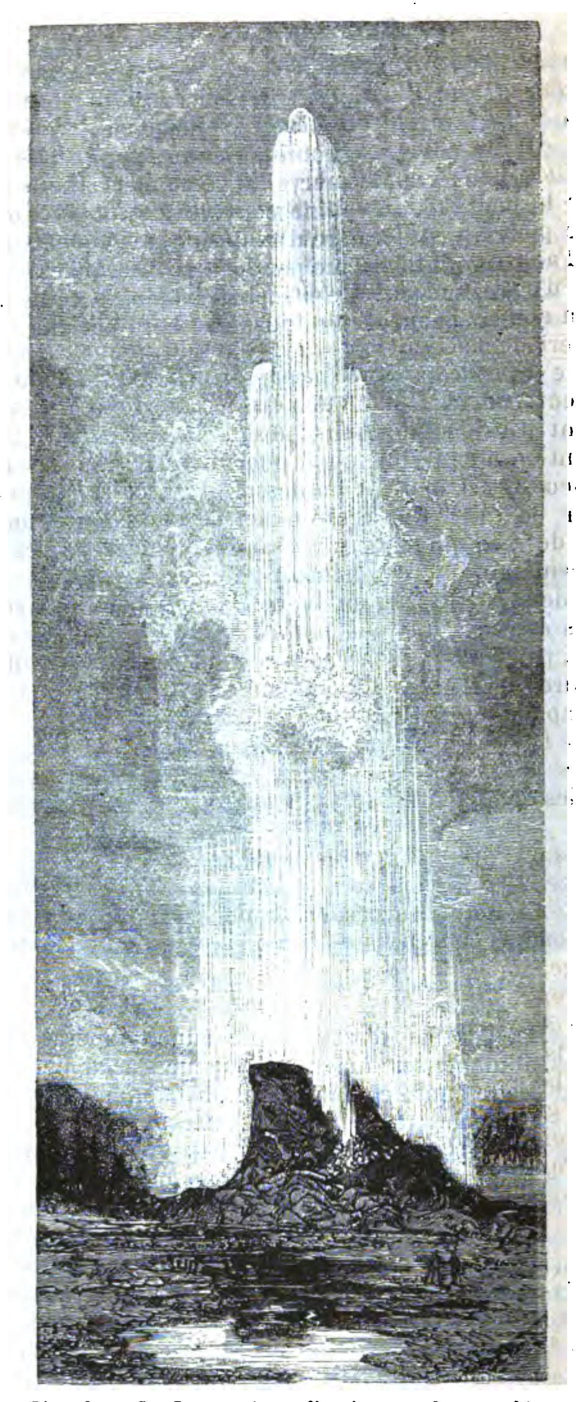


Fig. 28. — **Le Geyser géant, d'après une photographie.**

deux tributaires du Missouri, érigée maintenant à l'état de *Parc national* par les Américains, est plus remarquable encore. On n'y compte pas moins de dix mille bouches en activité continue, parmi lesquelles il en est dont les gerbes s'élèvent toutes les dix minutes à plus de 100m de haut.

Dans la seule vallée du Fire-Hole (l'Abîme du feu), on en compte plus de quinze cents qui tous se signalent par un mode d'activité spéciale.

L'un d'eux, le *Vieux-Fidèle,* situé à l'entrée de la vallée, tire son nom de la régularité de ses éruptions.

La période d'action de ce geyser est de cinquante minutes. Chacune d'elles commence par la sortie bruyante d'une masse de vapeurs, suivie instantanément d'une colonne d'eau, qui, s'élevant par jets successifs, atteint la hauteur de 40m, en poussant un violent sifflement, pendant que d'énormes nuages de vapeurs s'accumulent au-dessus du cratère jusqu'à une hauteur de 125m. Des arcs-en-ciel se succèdent nombreux autour de cette fontaine jaillissante, dont les gerbes d'eau, retombant en pluie de diamants, s'écoulent ensuite sur les pentes de la montagne, en donnant lieu à toute une série de grandes cascades du plus pittoresque effet. Le jet s'abaisse ensuite, peu à peu, par saccades convulsives et disparaît enfin, pour faire place à des dégagements de vapeurs qui, pendant longtemps, rendent tumultueuses les eaux du cratère.

On se fera une idée de l'immense quantité d'eau projetée ainsi par le geyser, en songeant que ce jet, qui se renouvelle toutes les deux heures, sort par une ouverture large de près de 2m.

En avançant plus loin dans la vallée, sur la rive d'un étang marécageux, s'élève à 10m de haut un immense cratère, *le Château-Fort,* qui lance constamment des vapeurs avec des projections d'eau bouillante à 2m et 3m de hauteur. Dans le voisinage, sur le même tertre, on remarque une source tranquille, dont les eaux, maintenues seulement à une température de 27° à 30°, sont contenues dans un vaste bassin circulaire, aux bords dentelés, très profond et d'une régularité parfaite. Sur ses bords, d'abondants dépôts de limonite recouvrent le sol d'un glacis dont les colorations vives, jaune safran et brun rouge, contrastent singulièrement avec la blancheur de neige des dépôts siliceux issus des geysers.

Plus loin l'activité geysérienne sé révèle de nouveau par une dizaine de cratères plus petits, hauts de 2m à 3m, constamment remplis par de l'eau portée à 94° (1), au milieu desquels se signale le *Geyser géant* (*fig.* 28), qui lance, à des intervalles

(1) Le point d'ébullition de cette région, située à 2500m d'altitude, est de 92° à 93°.

fort heureusement très éloignés, pendant plus de trois heures, une colonne d'eau large de 2^m à 3^m, s'élevant à une hauteur de plus de 50^m.

Lorsque cet immense geyser entre ainsi en éruption, la Fire-Hole, doublant de volume, prend des allures torrentielles et son débit peut atteindre 250^{mc} par seconde (¹).

Explication du phénomène geysérien. — La thermalité des eaux geysériennes, comme celle des sources minérales, s'explique par ce fait que dans les régions volcaniques, où le sol est très fissuré, les eaux d'infiltration provenant, soit de la pluie, soit de la fonte des neiges, peuvent pénétrer, dans les parties profondes du sol, échauffées par suite de leur voisinage avec les masses en fusion contenues souterrainement. Là elles sont portées à une température élevée et vaporisées en partie.

Dans le cas des sources thermales, c'est la pression seule exercée par ces vapeurs qui fait rejaillir les eaux par les fissures, et l'écoulement des eaux chaudes se fait à la surface du sol d'une façon continue. Mais, pour les geysers, l'ensemble du phénomène est plus complexe, puisqu'il comprend, en plus de l'arrivée des eaux, des projections intermittentes qui se font à des intervalles plus ou moins réguliers.

Bien des essais ont été tentés pour donner une explication rationnelle de la projection et surtout de l'intermittence de ces jets d'eau bouillante, qui constituent le jeu caractéristique du geyser. Une expérience ingénieuse du physicien anglais Tyndall, en reproduisant ce phénomène, peut servir de démonstration.

L'appareil disposé à cet effet consiste en un tube de fer assez long, fermé par un bout représentant la cheminée du geyser et couronné à sa partie supérieure par une petite cuve circulaire remplie d'eau, occupant la place du bassin terminal.

En chauffant ce tube, à sa base d'une part, et de l'autre dans sa partie moyenne à l'aide d'un second foyer, on voit, à des distances très rapprochées et bien rythmées, un jet d'eau bouillante s'élancer hors du bassin.

Dans l'espace ainsi surchauffé, au milieu du canal, l'eau portée à une température plus élevée se résout presque immédiatement en vapeur et acquiert bientôt une tension suffisante pour projeter, hors du bassin, toute l'eau qui se trouve au-dessus d'elle, dans l'intérieur du tube.

Or on a remarqué, en descendant des thermomètres dans la cheminée du grand geyser d'Islande, que la distribution de la température y était inégale et prenait un maximum à un certain niveau.

(¹) *Le Parc national des Etats-Unis*, par MM. Hayden-Doane et Langfort (*Tour du Monde*, t. XXVIII, 722ᵉ livraison et suiv.)

Dans l'expérience de Tyndall, les conditions du geyser se trouvent donc remplies et l'explication du phénomène physique en découle nécessairement. On peut concevoir, en effet, que sur le trajet de la cheminée du geyser, qu'on sait être profonde, verticale et non disposée en siphon comme le voulaient les théories précédemment admises, il puisse exister un point où la colonne d'eau subit une élévation locale de température par suite de fissures, dans la roche encaissante, qui facilitent l'accès des vapeurs chaudes issues de l'intérieur; des projections intermittentes en résultent, comme dans l'expérience de Tyndall. De plus, ces projections étant nécessairement en fonction de la température et la position de cet espace surchauffé et ces conditions pouvant différer même dans des appareils très voisins, on conçoit aisément comment peuvent se produire toutes ces variations dans l'activité geysérienne que nous venons de signaler.

Suffioni; sources thermales d'origine volcanique. — A la suite des geysers viennent se placer naturellement les *soufflards* ou *suffioni*, c'est-à-dire ces jets de vapeur d'eau surchauffée, qui s'alignent, par groupes, dans les régions volcaniques sur des lignes de fracture, évidemment dues u grands mouvements de l'écorce terrestre. Les plus connus sont ceux de Toscane; ils comprennent sept groupes distincts, concentrés sur un petit espace, au sud-est de Volterra, près de Florence. La vapeur d'eau qui s'élance ainsi par jets à de grandes hauteurs, en donnant lieu, au-dessus des bouches d'émission, à des nuages blancs, floconneux, épais, bien caractéristiques, se trouve là, mélangée avec de l'acide carbonique. L'hydrogène sulfuré se présente aussi en proportions notables, avec de l'hydrogène libre, dans ces dégagements gazeux. Sa présence se traduit dans les eaux condensées, qui se recueillent dans de vastes bassins, les *lagonis*, par d'abondants dépôts de soufre et surtout de gypse. L'albâtre célèbre de Volterra n'a pas d'autre origine.

L'eau des *lagoni*, très minéralisée, contient, avec de la silice libre et différents sels alcalins, de l'acide boracique en proportions notables. On l'extrait, en utilisant pour l'évaporation de ces eaux boracifères la vapeur des suffioni. Cette industrie, maintenant très active, surtout depuis qu'à l'aide de forages on a considérablement accru le nombre des suffioni (*fig.* 29), a transformé toute cette partie, déserte et désolée de la Maremme toscane, en une des régions les plus prospères de l'Italie.

Parfois ces dégagements s'effectuent avec assez de violence pour amener la formation, autour de l'orifice de sortie, d'une vaste cavité, en forme d'entonnoir, qui sert alors de réceptacle à l'eau de condensation.

C'est le cas des « *soufflards mugissants* » qui se présentent nombreux à Java, au voisinage des grands volcans qui donnent à cette île une place exceptionnelle sur le trajet du grand anneau de feu qui entoure l'océan Pacifique.

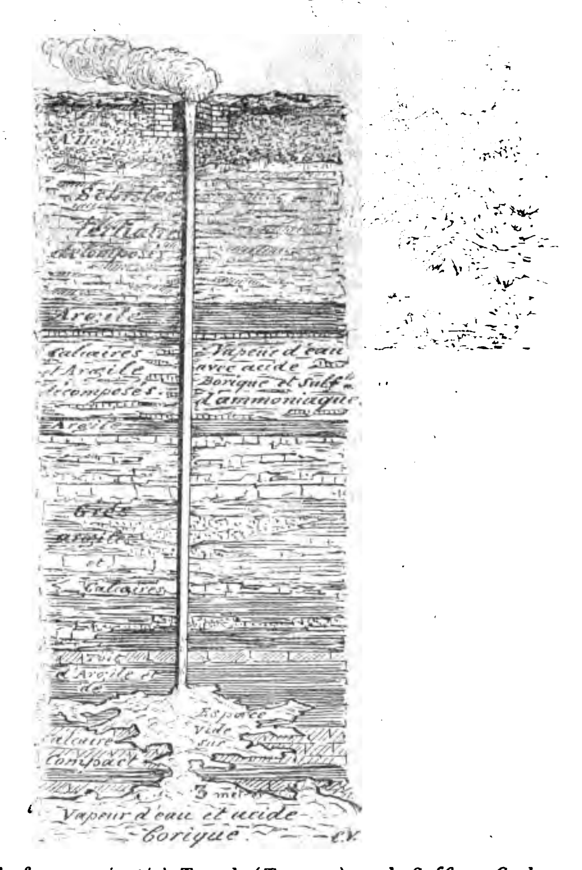


Fig. 29. — Coupe du forage exécuté à Travale (Toscane) sur le *Soffione Carlo.*

Le *Harapiti,* de la vallée d'Otumaheke, dans la Nouvelle-Zélande (*fig.* 30), peut compter comme l'une de ces sources de vapeurs la plus considérable qui soit au monde; le jet de vapeur qui s'élance ainsi d'une vaste cavité cratériforme, parfaitement régulière, s'élève à une telle hauteur qu'on peut l'apercevoir à une distance de plus de 20^{km}, avant d'entendre ses sifflements aigus. Non loin de là, dans la vallée du Waikato, ce grand fleuve néo-zélandais, qui n'a d'égal en Europe que le Rhin ou le Danube, le sol imprégné d'eau bouillante et de vapeurs, sur une grande étendue, laisse échapper de partout des jets de vapeurs qui sont alors en relation

directe avec les geysers innombrables, étagés sur les flancs des collines avoisinantes (¹).

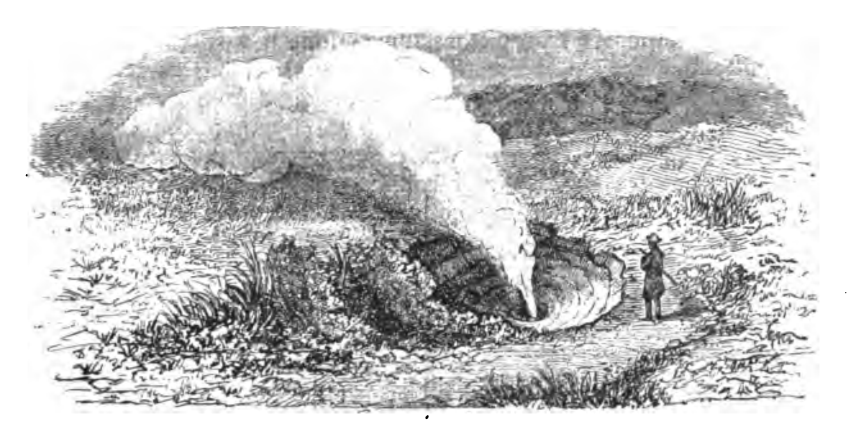


Fig. 30. — Le Harapiti de la Nouvelle-Zélande, d'après M. de Hochstetter.

Sources thermales d'origine volcanique. — Du même ordre sont encore ces sources chaudes, hautement minéralisées, qui empruntent leur température élevée et cette minéralisation qui leur donne un caractère spécial aux dégagements d'origine volcanique. Ces sources minérales, disposées par groupes comme les *suffioni*, ont été considérées par Elie de Beaumont « comme des volcans privés de la faculté d'émettre aucun autre produit que des émanations gazeuses qui, dans le plus grand nombre de cas, n'arrivent à la surface que condensées en eau thermale » (²); on ne saurait trouver une meilleure définition de ces sources jaillissantes, non plus à la manière des geysers, mais comme de véritables puits artésiens naturels.

Les sources sulfureuses célèbres de Wara din-Teplitz en Croatie, qui débitent par jour 77000 tonnes d'eau portée à une température de 56°, sont imprégnées de soufre, de carbonate de soude, de potasse et de chaux, et d'alun dans des proportions telles qu'on évalue actuellement l'accumulation de toutes ces substances minérales, amenées ainsi des profondeurs à la surface, à un cube de 120^{m} de côté.

Les sources chaudes d'Hammann-Meskhoutin (les bains maudits), dans la province de Constantine (Algérie), sont encore plus remarquables. Elles doivent à leur température élevée (95°) et surtout à la forte proportion d'acide carbo-

(¹) De Hochstetter, *Exploration de la Nouvelle-Zélande*, *Reise der Osterreichischen Fregate* Novara *um die Erde*.

(²) Elie de Beaumont, *Note sur les émanations volcaniques et métallifères* (*Bull. Soc. géol. de France*, 2ᵉ série, t. IV, 1847, p. 1249).

nique qu'elles contiennent, d'emprunter aux massifs calcaires sous-jacents une grande quantité de carbonate de chaux, qu'elles déposent ensuite, sous forme d'incrustations calcaires, très étendues et très pittoresques, dont la structure et l'architecture varient à mesure qu'on s'éloigne des griffons.

Au point d'émission, ce travertin, spongieux et vacuolaire, apparaît comme boursouflé, il passe ensuite à des variétés concrétionnées à structure fibreuse (arragonite) qui plus bas, alors que les eaux déjà refroidies tombent en cascades, se transforment en calcaires compacts, blancs ou rosés.

Ces sources, au nombre d'une centaine, se font jour sur la rive droite d'une rivière très encaissée, l'oued Zenati, au milieu d'un vaste plateau entouré d'une ceinture de hautes montagnes (les djebel Taïa, Mermoura et Debar). Le sol de ce plateau, jonché de cheminées calcaires qui, hautes de 8 à 10^{m}, ressemblent, de loin, à tout autant de minarets, résonne sous les pas et l'on entend, dans le dessous, le bruit d'une forte ébullition; des torrents de vapeurs s'échappent de partout au travers de ce sol fissuré, tandis que s'échappent, du sommet des monticules coniques, des sources bouillonnantes qui vont mêler leurs eaux tumultueuses et brûlantes aux eaux plus calmes et froides de l'oued Chedraka; dans ce trajet, ces sources ont établi une suite de terrasses, tapissées de longues stalactites d'un blanc de neige, sur lesquelles les eaux se déversent, en formant toute une série de cascatelles du plus gracieux effet.

Les sources chaudes d'Hiéropolis (Ville sainte), près de Smyrne, sont encore plus remarquables. Les travertins déposés par ces eaux calcaires forment une cascade de plus de 100^{m} de haut sur 4^{km} de large, en figurant, par places, des colonnades de bas-reliefs d'une étrange beauté, au milieu desquels s'ouvrent une multitude de coupes et de vasques aux bords cannelés frangés de stalactites.

Le célèbre rocher des Célestins, à Vichy, encore parcouru par de nombreuses sources ascendantes, qui contribuent chaque jour à son accroissement, en déposant, feuillet par feuillet, les couches diverses de calcite et d'arragonite qui constituent ce puissant massif de travertin concrétionné, représente ainsi le travail séculaire de sources thermales bien connues, dont les plus chaudes sortent à une température de 35° à 45°; alignées par groupes sur des fissures nettement parallèles, qui ne sont autres que des réouvertures de celles qui ont livré passage aux grandes nappes basaltiques des environs de Vichy et du Roannais à l'époque miocène [1], elles dérivent ainsi de l'activité interne du globe.

---

(1) Voisin, *Annales des Mines*, 2e série, t. XVI, p. 488.

Sondage de Montrond. — On peut, à l'aide de sondages, favoriser la sortie de ces sources ascendantes; on obtient alors, au début, de violentes projections d'eau, qui tiennent à l'expansion des gaz comprimés dans le dessous.

Un sondage entrepris récemment, en 1879, dans la plaine du Forez, aux environs de Montrond, dans l'espoir de retrouver là, sous les terrains tertiaires du Velay et de la Limagne, le prolongement du bassin houiller de Sainte-Foi-l'Argentière, vient d'en donner un exemple des plus remarquables.

A 500^{m} de profondeur, après avoir rencontré, à divers niveaux dans les couches tertiaires traversées, des sources bicarbonatées sodiques, semblables à celles de Vichy et surtout à celles de Saint-Galmier et de Salt-en-Donzy, situées dans le voisinage sur les bords de la plaine du Forez, tout d'un coup, des torrents d'acide carbonique, se précipitant hors du trou de sonde, firent jaillir avec violence, par jets intermittents qui se renouvelaient trois fois par vingt-quatre heures, des colonnes d'eau bouillante hautes de 18^{m} à 20^{m}.

Actuellement cette sortie des gaz et de l'eau minérale se fait avec moins de violence, et c'est ainsi une source thermale ascendante, très abondante, qu'on a rencontrée à Montrond, au lieu des réserves de houille qu'on s'attendait à trouver. Son débit se maintient, en effet, entre 350^{lit} et 400^{lit} à la minute.

L'existence de cette nappe d'eau bicarbonatée sodique chaude, sous la plaine du Forez, devait être prévue, puisqu'elle se traduit depuis longtemps, sur ces bords, par les sources minérales de Saint-Galmier et de Salt-en-Donzy à l'est, de Moing et de Montbrison à l'ouest.

L'origine de ces eaux thermales doit se rattacher, comme celles de Vichy, aux grandes coulées basaltiques qui sillonnent la plaine et le pied de la chaîne du Forez. La soude qu'elles contiennent en assez forte proportion (3^{gr} à 4^{gr} de carbonate de soude par litre) est empruntée à ces roches basaltiques, dont le feldspath est à base de soude.

(*La suite prochainement.*)

Observations sur la population indigène de l'archipel fuégien;

Par M. le Dr HYADES,

Membre de la Commission scientifique du cap Horn, embarquée à bord du navire de l'État *la Romanche*.

Ces études ont été faites au sud de cet archipel, sur le territoire de la Mission.

Cette contrée, dit M. Hyades, offre bien, suivant l'expression de Darwin, l'aspect d'un pays de montagnes en partie sub-

mergées. Entre les collines, s'élevant jusqu'à 600^m de hauteur, s'étendent d'étroits bras de mer, ou bien des vallées semées de lacs et de mares avec une végétation uniforme et rabougrie. Les roches dominantes sont les schistes et les granites. Partout où la roche est à nu, elle est profondément altérée par les agents climatériques dont l'action a rasé les pics des montagnes et a contribué à la formation de ces mers de pierres communes sur les hauts sommets.

La végétation s'arrête à 400^m d'altitude pour le hêtre antarctique qui, presque partout, dans la région qui nous occupe, croît à l'état nain. Un peu plus bas, vers 300^m d'altitude, apparaît le *Fagus betuloides*, formant des buissons isolés et n'atteignant un complet développement que sur le littoral ou à une très faible altitude. Il constitue alors avec le Drimys et les Berbéris une zone de forêts, dont le sol toujours humide, pauvre en terre végétale, est couvert de mousses, de fougères, d'une assez grande variété de plantes de petite espèce. Ces forêts n'existent que dans les endroits abrités des vents d'ouest; les collines servent de rempart contre cet agent destructeur qui maintient exactement au niveau des plateaux montagneux les sommets des arbres croissant sur les pentes exposées à l'est. De toutes les essences, le Drimys est la plus sensible à l'action du vent d'ouest, qui dessèche rapidement ses feuilles et son écorce.

La flore marine est riche en algues de toute espèce; la plus commune est le *Macrocystis pyrifera*. Ces algues fournissent un abri à de nombreux êtres vivants : Zoophytes, Annélides, Mollusques, Crustacés, Poissons. Au nombre de huit à dix espèces, ces poissons n'existent pas au milieu des algues pendant toute l'année : ils apparaissent en décembre pour disparaître en mars. Au contraire, les petits poissons, qui vivent sous les roches et qu'il est facile de prendre à la main à marée basse, existent pendant toute les saisons et constituent trois espèces sédentaires. Celles-ci ne servent pas à l'alimentation, tandis que les poissons migrateurs possèdent une chair estimée, même des Européens. On trouve aussi, mais en nombre restreint, de petites espèces de poissons d'eau douce.

Les coquilles abondent sur la plupart des plages; les espèces dominantes sont les Mytilus, les Oscabrions et les Patelles. Toutes les grandes espèces sont comestibles.

Parmi les Zoophytes, les Oursins présentent également une ressource précieuse pour l'alimentation, surtout pendant les mois de juillet et août, correspondant à la fin de l'hiver.

Les Crustacés inférieurs sont très communs, et quelques espèces sont très abondantes, mais ils ne sont pas comestibles. Au contraire, les Crustacés supérieurs (par exemple quelques espèces de Lithodes) sont alimentaires : ceux-ci

existent principalement dans la région au nord de la baie Orange.

Pour terminer cet aperçu sommaire de la faune marine, nous citerons les Baleines, les Phoques et les Manchots. L'expédition rapporte deux squelettes de Baleine : l'un provenant d'un animal trouvé échoué à New-Year's-Sound, et dont on a préparé les os avec beaucoup de soin à bord de la *Romanche;* l'autre, moins complet, était abandonné sur une plage. Tous les os que M. le commandant Martial a pu faire réunir ont été conservés, et heureusement ils comprennent les parties les plus caractéristiques.

Les Otaries ou Phoques à oreilles sont représentés à la Terre-de-Feu par deux espèces, l'une dont la fourrure est fort recherchée, l'autre à poil plus rude, sans valeur comme pelleterie, et par conséquent délaissée par les baleiniers. Quant à l'Éléphant de mer, c'est une espèce presque entièrement détruite.

Plusieurs espèces de Manchots fréquentent les rivages, mais nous n'avons pas vu à la baie Orange leurs colonies de reproduction ou *rookeries.* Tous ceux que nous avons tués nageaient à une petite distance des côtes; nous en avons rarement vu à terre, et toujours en petit nombre.

Les Baleines et les Phoques sont très estimés des naturels au point de vue de l'alimentation, même quand ils ne sont découverts qu'un certain temps après la mort, échoués sur une plage.

La faune terrestre est moins riche que celle de la mer: elle compte cependant de nombreux représentants. Dans les animaux inférieurs, ce sont les Vers lombriciens qui dominent; on les trouve plus communément près du littoral, mais on les rencontre aussi par des altitudes de 400^m à 450^m. Les Mollusques terrestres sont très rares et limités à trois ou quatre espèces.

Le groupe des Articulés est principalement représenté par des Arachnides et des Diptères, dont on trouve certaines espèces pendant toute l'année. Les Coléoptères, les Lépidoptères sont assez nombreux, mais peu variés et de couleurs en général peu brillantes.

Les Reptiles et les Batraciens n'existent pas dans le sud de l'archipel fuégien.

Les Oiseaux habitant exclusivement la Terre sont au nombre d'une quarantaine d'espèces, parmi lesquelles les Passereaux dominent; les Rapaces comptent quatre à cinq espèces, dont deux nocturnes.

Ce qui donne à la faune un caractère particulier, c'est la prépondérance des Palmipèdes. Les Oies, les Canards à ailes courtes et les Cormorans sont fort communs et restent pen-

dant toute l'année sur les rivages. Les Longipèdes, tels que les Goëlands, les Mouettes et les Hirondelles de mer, partent au contraire au commencement de l'hiver. Les espèces que les indigènes recherchent plus particulièrement pour l'alimentation sont les Cormorans, les Oies, les Bernaches, les Canards.

Les Mammifères ne sont représentés que par une espèce de Renard, deux de Rongeurs, et par une Loutre qui habite les bords de la mer et se nourrit de poissons marins. Il faut aussi mentionner le Chien domestique, qui, malgré une apparence extérieure assez disgraciée, possède des qualités de race, telles que la rapidité à la course, l'adresse pour la chasse de la Loutre, du Renard et des Oiseaux. Ce Chien fait partie de la famille fuégienne, à laquelle il est très attaché et qu'il accompagne partout, sous la hutte ou dans la pirogue. Une paire de ces Chiens, nés à la baie Orange, a été rapportée vivante et pourra fournir un intéressant sujet d'études. Au contraire de ce qui a été avancé, les Fuégiens ne pratiquent pas de sélection pour leurs Chiens; la rage chez ces animaux est inconnue en Fuégie.

Dans les Instructions préparées par l'Académie des Sciences pour la Mission du cap Horn, il n'a pas été fait mention des études ethnologiques. Nous avons pensé que cette lacune était due à l'absence de renseignements sur l'existence de naturels dans la localité où la Mission s'est établie, et nous n'avons négligé aucune recherche anthropologique et ethnographique sur les Fuégiens que nous avons pu observer à la baie Orange. Dans les voyages d'exploration de la *Romanche* au milieu des îles de la Terre-de-Feu, M. le commandant Martial, de son côté, n'a perdu aucune occasion de réunir des documents ethnologiques sur les indigènes qu'il rencontrait, et la présence à bord, pendant plusieurs mois, d'un Fuégien parlant l'anglais a facilité dans une large mesure ce genre de recherches.

On peut évaluer de 120 à 130 le nombre total d'indigènes des deux sexes qui ont fait un séjour plus ou moins long à la baie Orange pendant la durée de la Mission. Quelques-uns de ces Fuégiens étaient déjà installés dans cette localité au moment de notre arrivée; d'autres, provenant des environs, dans un rayon de 40^{km} à 50^{km}, venaient successivement à la Mission par groupes de deux ou trois familles qui passaient près de nous plusieurs jours et quelquefois plusieurs semaines. Très souvent nous avons vu revenir d'anciens visiteurs après une absence plus ou moins longue, dont ils avaient consacré le temps à la chasse aux Loutres et aux Oiseaux de mer, à la pêche, ou à la poursuite des Phoques.

Tous ces individus appartiennent à la race Tekeenika de Fitz-Roy, appelée Yahgane par les missionnaires anglais actuels. Ils parlent une langue agglutinative qui est la même depuis le

centre du canal du Beagle jusqu'aux îles méridionales du cap Horn. Nous avons recueilli un millier de mots du vocabulaire usuel et beaucoup de phrases simples, après en avoir vérifié maintes fois, dans les conditions les plus favorables, la prononciation et le sens exact. Nous n'avons pas été obligés d'adopter un système de transcription spéciale; car tous les sons de la langue yahgane correspondent sensiblement aux voyelles et aux consonnes de la langue française, sauf pour un son un peu guttural se rapprochant beaucoup du *ch* allemand, que nous avons indiqué par les lettres *kh* et qui n'est pas très fréquemment employé.

Nous n'avons pas, jusqu'à présent, constaté que cette langue pût se rattacher à un idiome connu. Elle n'a pas de dialecte et, malgré l'absence complète de tout signe d'écriture, elle ne paraît pas se déformer rapidement. Il y a quelques mots pour exprimer des idées générales, telles que *arbres, fleurs, poissons* et *coquillages*. La numération ne s'étend que jusqu'à trois : au delà de ce nombre, on dit *plusieurs* ou *beaucoup*. Cependant les indigènes comptent aussi sur les doigts des mains.

Nous avons pris plus de cent observations anthropométriques complètes en remplissant toutes les indications des feuilles d'observations du laboratoire d'Anthropologie du Muséum. Les observations ont été divisées en séries d'hommes et de femmes adultes, de garçons et de filles au-dessous de 12 ans, de sujets des deux sexes à l'époque de la puberté, d'individus des deux sexes âgés de 50 ans et au-dessus. On a fait une série de sujets choisis dans chacune de ces catégories, sauf dans la dernière, observés et mesurés de nouveau après un intervalle de temps plus ou moins long, pour étudier le développement et le progrès de la croissance. Enfin on a classé à part les feuilles d'observations de deux femmes Alikhoolips (dites actuellement Alakaloufs), mariées à un indigène et vivant à la baie Orange : ces deux femmes appartiennent à la race fuégienne qui a été observée à Paris en 1881.

On a fait, en outre, le dénombrement des familles par individus, ce qui a conduit à cette conclusion que la race ne serait pas en voie d'extinction rapide, comme pourrait le faire supposer le petit nombre de familles observées.

Nous avons pu assister à un accouchement et prendre des observations sur le nouveau-né.

Nous avons effectué, sur vingt-deux individus des deux sexes et de différents âges, soixante-dix hématimétries pour étudier la composition du sang au point de vue du nombre des globules : le chiffre de ces éléments paraît être un peu inférieur à ce qu'il est chez l'Européen. On a pris de très nombreuses observations sur la température et sur le pouls.

De bonnes photographies ont été obtenues sur une grande quantité de Fuégiens et, avec de nombreux moulages de toutes les parties du corps, elles permettront d'étudier à Paris le type fuégien du cap Horn. Nous devons mentionner la facilité avec laquelle, pour les photographies comme pour les moulages, les indigènes se sont prêtés aux nécessités de la pose.

Tous ces documents feront prochainement l'objet d'études approfondies, de même que les échantillons ethnographiques, les squelettes complets, les sujets entiers conservés dans l'alcool et qui sont compris dans les collections de la mission.

Toutefois nous pouvons dès maintenant présenter quelques traits des principaux modes de l'activité humaine chez les Fuégiens.

L'alimentation est exclusivement animale; elle se compose de chair de Baleine, de Phoque, d'Oiseaux de mer et plus communément de Poissons, d'Oursins et de coquillages; ces derniers forment pendant presque toute l'année la base de la nourriture. Les aliments sont de préférence mangés cuits et à demi grillés. On ne fait aucune provision pour l'avenir et l'on ignore l'usage de toute substance enivrante, stupéfiante ou excitante. Les saveurs préférées sont les saveurs douces; le sel marin comme condiment est inconnu et ne serait pas apprécié. La sensibilité olfactive est assez développée, de même que les sensibilités auditive et visuelle; mais sans qu'on ait noté de différence considérable avec ce qu'elles sont chez les Européens. La couleur préférée est la couleur rouge; les autres couleurs sont souvent confondues.

La parure est bornée à une peinture blanche ou rouge qu'on applique sur le visage et sur les cheveux. Le tatouage n'est pas usité. En fait de bijoux, on ne connaît que des coquilles ou des os d'oiseaux, enfilés et formant des colliers, et des lanières de peau servant de bracelets pour les poignets et pour les chevilles. Ce sont les femmes qui portent le plus ces ornements.

Il n'y a pas de déformations ni de mutilations ethniques.

Le vêtement, auquel ne se rattache qu'une idée de protection, consiste en une peau de Phoque ou de Loutre placée sur les épaules et attachée autour du cou. Les femmes seules portent, en outre, un vêtement de pudeur : c'est un petit lambeau triangulaire en peau de Guanaque, suspendu entre les cuisses et fixé par un cordon qui fait le tour des hanches.

La danse n'existe pas; il n'y a pas d'instruments de musique, mais on connaît quelques airs d'un caractère triste, dont les paroles n'ont pas de sens déterminé, et qui sont surtout chantés par les enfants ou les jeunes filles.

Il n'y a pas de trace d'un art graphique ou plastique quelconque.

Dans les manifestations de la vie affective, nous indiquerons les particularités suivantes : le caractère est gai, rieur, mobile, mais très peu expansif; les enfants et les femmes pleurent facilement. Les Fuégiens ont un mot pour désigner l'amitié, mais ce sentiment n'est pas chez eux très énergique. Le sentiment de la compassion est encore plus faible. Les malades ne sont pas cependant abandonnés, et les faibles sont secourus.

Il n'y a pas de traditions d'anthropophagie.

Les parents aiment et leurs enfants s'en occupent. A l'âge adulte on a du respect pour les parents et les vieillards ne sont jamais maltraités.

La femme est assujettie à son mari; mais, pourvu qu'elle soit fidèle, celui-ci ne la maltraite pas. Les travaux dévolus aux femmes sont la pêche, la récolte des coquillages à marée basse, la confection des paniers en jonc et des cordons tressés en fibres, d'intestin ou de nerfs de baleine.

Nous ne connaissons pas de rite funéraire chez les Fuégiens. Ils enterrent leurs morts à une petite profondeur au-dessous du sol, près du littoral, et ils ont l'habitude, disent-ils, de brûler plus tard les ossements.

Nous n'avons jamais vu de manifestation d'un culte quelconque; nous n'avons pas constaté nettement la croyance en une vie future. Peut-être est-il utile de faire remarquer que ces signes négatifs ne constituent pas une preuve positive de l'absence de tout sentiment religieux.

La vie morale est réduite à la famille; les degrés de parenté sont désignés par des mots spéciaux, en ligne directe et en ligne collatérale, mais le nom de chaque individu est simplement le nom du lieu où il est né.

Le sentiment de la pudeur existe dans les deux sexes, mais il est plus développé chez la femme et porte un nom spécial.

Le mariage est fondé généralement sur une affection réciproque et s'accomplit sans aucune cérémonie; il y a quelquefois mariage par capture. La polygamie, que l'usage autorise, a paru cependant être l'exception. La virginité de la jeune fille n'est pas estimée. L'adultère de la femme est puni par des coups qui n'entraînent pas la mort. En cas d'abandon du mari par sa femme, les enfants restent à l'époux.

La propriété est individuelle : il n'y a pas de chef, pas de hiérarchie sociale, pas d'esclaves.

L'industrie se compose de la pêche et de la chasse en embarcation, près des côtes. Les instruments usités principalement pour la chasse sont les harpons en os à une entaille ou bien à plusieurs dents, mobiles sur un manche en bois de 4^m à 5^m de longueur, ou solidement fixés sur ce manche. Pour les oiseaux on se sert aussi de lacs en fanons de Baleines. Pour la chasse

de la Loutre, les indigènes ont le Chien, qui est alors un auxiliaire indispensable.

La pêche est pratiquée par les femmes, sans hameçon, avec une ligne terminée par un appât.

On se procure du feu par le choc de deux pyrites l'une sur l'autre.

On ignore complètement l'agriculture, la céramique, la métallurgie.

Les armes sont les harpons en os, les frondes, rarement les flèches. Il n'y a pas d'armes empoisonnées et pas d'armes défensives.

Les embarcations sont des canots en écorce d'arbre (*Fagus betuloides*).

Les habitations, situées toujours près des plages et construites par les hommes, sont de simples abris très temporaires, en branches ou en troncs d'arbres.

Les Fuégiens ne connaissent pas la pierre taillée, si ce n'est pour les pointes des flèches : le seul outil indigène est une grande coquille de Mytilus, taillée et rendue tranchante, solidement emmanchée, avec une lanière de peau de Phoque, sur une pierre destinée à être tenue à pleine main.

La pluie et l'évaporation;

Par M. le Dr HARREAUX.

Dans le *Bulletin* de *l'Association scientifique* de 1882, ont paru deux Notes sur la formation des sources en Beauce (n° 128 du 10 septembre, n° 141 du 10 décembre). Ces études continuées depuis lors ont donné les résultats suivants :

1° Les sources et les puits du grand plateau calcaire d'Eure-et-Loir sont alimentés exclusivement par les infiltrations des eaux pluviales à travers les terrains perméables.

2° Le débit des sources est très variable selon la quantité d'eau infiltrée, au point que, pendant certaines périodes, les sources se dessèchent et les puits ne suffisent plus aux besoins des habitants.

3° La hauteur ou l'abaissement des sources n'est cependant pas en relation constante avec la quantité de pluie, parce que ce n'est pas toute l'eau tombée qui forme les sources, c'est seulement l'eau introduite dans le sous-sol.

4° Or l'eau introduite n'est que la portion des pluies non évaporées par le soleil et les hâles.

5° Il est donc indispensable, pour connaître le cube de pluie introduite, d'étudier les rapports entre les pluies et les évaporations.

C'est en comparant les résultats des pluviomètres et ceux des évaporomètres que nous avons acquis une connaissance assez approximative des réserves alimentaires de nos sources.

Cette étude d'hydrométrie comparée a été suivie pendant cette année par plusieurs observateurs qui ont noté le chiffre des pluies et celui des évaporations. Nous acceptons les données de M. Gruget, à Moinville, comme offrant la moyenne des stations en Eure-et-Loir.

Depuis le 1er octobre 1882 jusqu'au 30 septembre 1883,

	mm
Les pluviomètres ont indiqué....................	754,9
Les évaporomètres ont marqué...................	480,5
L'eau introduite est donc.......................	274,4

c'est-à-dire 2750mc environ à l'hectare.

Cette quantité d'eau, réunie à l'excédent des trois années précédentes, assure-t-elle le débit des sources pendant toute l'année 1884, sans faire craindre une trop forte élévation des fontaines et des rivières de la contrée.

Nous rappelons que, de 1873 à 1878, les évaporations enlevaient toute l'eau tombée et que les sources et les puits étaient à sec, tandis que, de 1879 à 1883, le chiffre des pluies a été supérieur au chiffre des évaporations; à partir de là, nos réserves profondes se sont reconstituées et nos puits n'ont plus manqué d'eau.

Ces résultats, aussi simples que pratiques, feront-ils enfin apprécier l'utilité des évaporomètres, et verra-t-on désormais les données de ces instruments consignées, à côté des indications fournies par le baromètre, le thermomètre, les anémomètres et les différents hygromètres, dans les observations météorologiques?

Résumé des observations météorologiques du Bureau central en octobre 1883;

Par M. FRON.

Le mois d'octobre 1883 a été pluvieux; il présente une pression en excès de 2mm et une température en défaut de 1° environ par rapport à la moyenne normale.

A l'Observatoire de Paris (Saint-Maur), la température moyenne est de 9°,31, inférieure de 1°,07 à la moyenne. Le thermomètre a varié depuis un minimum de 0°,6 (le 22) jusqu'à un maximum de 18°,0 (le 17). Les moyennes ont été de 5°,97 pour les minima et de 13°,83 pour les maxima.

La pression atmosphérique est généralement élevée. La

moyenne, à l'altitude de $49^{m},30$, a été de $758^{mm},97$, en excès de $1^{mm},97$ sur la normale. Elle s'est élevée jusqu'à $772^{mm},52$ (le 8) et est descendue jusqu'à $744^{mm},58$ (le 4).

L'humidité relative moyenne des 24 heures est 88,5. Elle est descendue jusqu'à 46 le 15; le maximum 100 a été observé 17 jours. Il est tombé $71^{mm},2$ d'eau en 14 jours, comprenant 71 heures de pluie. On a constaté 13 jours de brouillards et 2 de gelée blanche.

A l'observatoire de Bordeaux-Floirac, les moyennes sont $8^{o},86$ pour les minima et $17^{o},81$ pour les maxima. On a recueilli $78^{mm},2$ d'eau. A l'observatoire de Perpignan, les moyennes correspondantes ont été de $10^{o},1$ pour les minima et $19^{o},1$ pour les maxima. On a recueilli $68^{mm},2$ d'eau en 5 jours de pluie. Sur le plateau de Langres, à Marac, la moyenne des minima a été de 3°, celle des maxima de 13°, le thermomètre s'est abaissé à — $1^{o},2$ le 9 et le 23. Il est tombé 116^{mm} d'eau en 14 jours de pluie.

Au point de vue de la circulation générale, ce mois présente une période de vents du Sud, une plus longue de vents d'Ouest, une de vents du Nord et deux de vents d'Est.

Sur l'utilité du placement de certaines cartes géographiques dans les salles du Musée des Antiques au Louvre;

Par M. DUJARDIN.

A la suite des Conférences faites à l'Association scientifique par M. Hamy et par M. Perrot sur l'Égypte, M. Dujardin a appelé l'attention de la Société de Géographie sur les avantages qui résulteraient du placement de cartes anciennes et modernes à proximité des collections d'antiquités provenant de ce pays. Il vient d'adresser au Conseil de notre Association une nouvelle Note sur ce sujet et il nous paraît évident que la réalisation de ses vœux serait fort utile pour la plupart des visiteurs de ce bel établissement. Nous ajouterons que depuis plusieurs années des cartes explicatives du mode de distribution géographique des animaux sont placées à côté des divers groupes de Quadrupèdes dans les galeries zoologiques du Jardin des Plantes et que cela augmente beaucoup l'intérêt de ces collections scientifiques.

Le Gérant : E. Cottin,

A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE.

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

13 JANVIER 1884. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 198.

CONFÉRENCE DU 19 JANVIER,

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

Président : M. **Milne Edwards.**

M. **Marcel Deprez**, traitera le sujet suivant : *Transmission de la force par l'électricité.*

Notice sur les illuminations crépusculaires, le Soleil vert et le cataclysme de Java,

Par M. C. FLAMMARION.

Nous empruntons à la dernière livraison de la *Revue mensuelle d'Astronomie populaire*, publiée par ce savant à la librairie Gauthier-Villars, l'article suivant :

Le 26 novembre dernier, tout Paris, et non seulement Paris, mais la France entière, 30 ou 40 millions de spectateurs, ont pu contempler avec admiration un spectacle d'une grande beauté et d'une extrême rareté. Après le coucher du Soleil, le ciel s'était embrasé des flammes d'un immense incendie. C'était comme un nouveau jour ressuscité après la disparition de l'astre solaire. L'illumination était si vive, une demi-heure après le coucher du Soleil, que, dans les rues affairées de la capitale, tous les passants s'arrêtaient, croyant d'abord à un incendie réel allumé dans l'ouest. De l'Observatoire, du Val-de-Grâce, du jardin du Luxembourg, le spectacle était grandiose; de la Seine et surtout du pont des Arts, il était fantastique : les lueurs fauves se reflétaient en mille feux écarlates dans les hautes et élégantes fenêtres du Louvre, et les monuments lointains se dressaient en silhouettes noires devant l'ardent crépuscule. Ce soir-là, le ciel était couvert, excepté du côté du couchant, ce qui donnait plus d'éclat au

phénomène occidental. Une heure après le coucher du Soleil, c'était comme une fournaise dans la nuit. Le lendemain, le ciel était pur, et l'illumination, plus générale, embrasait l'atmosphère jssqu'à 45° de hauteur et au delà. Une demi-heure après le coucher du Soleil, le jour était encore si lumineux que l'on s'étonnait de voir les becs de gaz allumés; leur lumière devenait *verte*. Le surlendemain 28, un épais brouillard s'étendait sur Paris et empêchait toute observation. Mais, les jours suivants, on put reconnaître que le phénomène crépusculaire se continuait, quoique moins intense. Les 6 et 7 décembre, à la veille du premier quartier, la Lune, suspendue dans le couchant rose, paraissait *verte* par contraste. En général, l'illumination dura, en s'affaiblissant, une heure et demie après le coucher du Soleil. Le 9 décembre, elle ne s'éteignit tout à fait qu'à $5^h 45^m$, soit $1^h 43^m$ après le coucher du Soleil, la lueur rose restant visible pendant trois quarts d'heure après l'apparition des étoiles, au-dessous de Véga et d'Altaïr. Le 11 décembre, elle se termina par de longs rayonnements roses divergeant de l'ouest. Le 15, elle était d'un rouge-rubis ardent.

Dès les premiers jours de son apparition à Paris, nous apprenions que ce curieux phénomène météorologique a été visible de la France entière, de la Belgique, de l'Allemagne, de la Suisse, de l'Italie, de la Grèce, de l'Espagne, de l'océan Atlantique, de l'Angleterre, de la Suède, de la Norvège, en un mot de l'Europe entière; et bientôt après nous apprenions qu'il s'est manifesté sur tout le tour du monde, comme on va le voir. Il a été observé avec un soin particulier par un grand nombre de nos lecteurs. Grâce à leurs descriptions, nous pourrons nous former une idée exacte de son caractère et de son étendue.

Résumons d'abord l'ensemble des observations faites en France et en Europe :

Et d'abord, remarquons qu'à Paris, aux Observatoires du parc Saint-Maur (M. Renou, M. Moureaux), de Montsouris (M. Marié-Davy, M. Descroix), de Marly (M. Raymond), où des instruments magnétiques sont installés, l'aiguille aimantée n'a manifesté aucun trouble, aucune perturbation. Déjà l'étude directe du phénomène montrait qu'il ne s'agissait point ici d'aurores boréales, comme le supposaient la plupart des journaux, même les plus sérieux, car, loin d'être « boréal » ou de présenter le moindre rapport avec le méridien magnétique, le foyer de l'illumination coïncidait visiblement avec la position du Soleil et descendait à mesure que l'astre du jour s'abaissait lui-même au-dessous de l'horizon; à la nuit tombée, il n'en restait aucune trace. L'absence de toute perturbation magnétique confirmait cette conclusion. C'était bien là une illumination crépusculaire d'un genre spécial.

Les observations les plus complètes ont été faites, à Marseille par M. Brugnière, à Orange par M. Tremblay, à Rupt par M. Lange de Fer-

rières, à Réthel par M. Paille, à Hendaye par M. d'Abbadie, à Muges par M. Courtois, à Péronnas par M. Guillaume, à Lunéville par M. Cordier, à Soissons par M. Guiot, à Bruxelles par M. Vuilmet, à Anvers par M. De Boë, à Rome par M. Laïs, en Angleterre, en Allemagne, etc., par un grand nombre d'observateurs.

A Marseille, l'illumination était splendide, la ville et la mer étaient inondées d'une éclatante lumière. Matin et soir, avant le lever du Soleil comme après son coucher, le phénomène se renouvela presque tous les jours, depuis le 28 novembre jusqu'au 10 décembre et même jusqu'au 21, et il était aussi admirable le matin que le soir, quoiqu'il ait eu assurément moins de spectateurs. La couleur dominante était le rouge, précédée, au coucher du Soleil, par l'orangé et le jaune. Le 1er décembre, à 5h du soir, le moindre croissant de la Lune parut bleu et des nuages parurent vert olivâtre; à 5h 25m, Véga était bien visible, et l'on distinguait son compagnon dans la lunette; à 5h 50m, l'illumination s'éteignait. Le 2 décembre, à 5h45 et à 6h, M. Bruguière a remarqué deux éclairs. Le 5, au lieu de la teinte rouge, c'est le rose pâle qui domine. Vent du nord assez froid : mistral. Le phénomène continua jusqu'au 21.

A Orange, M. Tremblay a fait d'importantes observations. Nous en détacherons les points les plus caractéristiques :

La lueur a toujours paru parfaitement calme. C'est du 29 novembre au 2 décembre qu'elle a été le plus intense. Le vent du N.-W (mistral) s'était établi depuis le 27 novembre; sa force a varié depuis la brise faible jusqu'à la tempête.

Marche générale du phénomène. — Immédiatement après le coucher du Soleil, tout l'horizon occidental est vivement éclairé; jusque-là, rien d'extraordinaire. Mais, environ dix minutes après, la lueur devient blanche et comme translucide; peu à peu, la couleur jaune se répand sur toute son étendue; — la lueur devient successivement jaune ardent, jaune cuivré, rouge cuivré, puis rose rouge; cette dernière couleur pâlit peu à peu et s'efface tout à fait une heure et demie environ après le coucher du Soleil.

Le 1er décembre, à 5h30m, illumination encore très intense, mais moins translucide, assez forte pour lire facilement une écriture ordinaire.

5h33m. — Lueur ouest rose cuivré jusqu'au delà de Véga. Stratus sur l'horizon ouest; la verticale menée d'α du Cygne à l'horizon marque l'axe de la lueur. Malgré l'intensité de cette lumière, les étoiles sont facilement visibles à partir de 20° de hauteur sur l'horizon ouest; la comète de Pons se voit nettement dans une petite lunette mieux qu'à l'ordinaire, ainsi que les petites étoiles de la Lyre.

5h55m. — La verticale de β du Cygne traverse la lumière dans sa partie la plus brillante.

6h17m. — Lueur gris cuivré. — Maximum dans la verticale de β de l'Aigle.

6h33m. — Lueur très faible, s'étendant au delà d'Altaïr.

C'est vers 7h que les derniers reflets de la lueur ont disparu.

Vers 6h8m, le Soleil était à 18° au-dessous de l'horizon.

2 décembre. — Le matin et le soir la lueur a été visible dans les mêmes conditions que les jours précédents : un peu moins intense.

3 décembre. — Le matin et le soir, la lueur a paru très affaiblie; mais une heure avant le lever et une heure après le coucher du Soleil, elle frappait encore les yeux par sa teinte roux rosé livide.

A Rupt (Haute-Saône), M. Lange de Ferrières a observé la même illu-

mination crépusculaire, principalement le 27 et le 28, et le matin comme le soir. Elle se distinguait des aurores boréales par l'absence de ces palpitations qui ont fait donner aux aurores boréales le nom de « marionnettes » par les pêcheurs de Terre-Neuve.

A Rethel (Ardennes), l'effet a été admirable le 4 décembre. M. Paille observant, vers $4^h 30^m$, les variations de nuances du phénomène, remarqua que la Lune, alors en son premier quartier, avait une teinte *azurée* assez prononcée lorsqu'elle était dégagée des nuages, et que, lorsque ceux-ci passaient devant elle, ils offraient une nuance *verte* rappelant celle de la flamme produite par la combustion du cuivre dans un brasier.

A Hendaye (Basses-Pyrénées), l'illumination a été très belle le 30 novembre, au lever comme au coucher du Soleil. Le 1er décembre, malgré la pluie, elle était très belle encore.

A Tarascon, d'après M. de Gasparin, elle a été particulièrement remarquable les 26 et 27 novembre, et le 13 décembre.

A Muges (Lot-et-Garonne), elle a été observée par M. Courtois, à l'aurore comme au crépuscule, les 29 et 30 novembre, 1er et 2 décembre.

A Péronnas (Ain), les 29 et 30 novembre, on fut enveloppé d'un brouillard très épais, qui avait une belle teinte rose jaunâtre. Le 1er décembre au matin, ce brouillard ayant disparu, M. Guillaume observa, dès $5^h 45^m$ du matin, à l'est, un segment rouge s'élevant graduellement dans le ciel; à $6^h 15^m$, on aurait cru assister à un lointain mais formidable incendie; à $6^h 20^m$, l'illumination était resplendissante, et l'on aurait pu croire que le Soleil lui-même allait se lever; les objets paraissaient colorés en *rose;* à $6^h 40^m$, la teinte rougeâtre diminua; à 7^h, la lueur s'allongea et devint jaunâtre, même verte; à $7^h 15^m$, le ciel redevint pâle comme dans les matins ordinaires; à 8^h, on put observer le Soleil levant : il n'avait que six taches voisines du bord occidental.

A Bordeaux, Mme Douniol remarque que ces lueurs ardentes rappelaient à s'y méprendre celles d'un incendie et non celles des aurores boréales, plus pâles et plus étendues.

A Lunéville, M. Cordier a observé le phénomène matin et soir, du 25 novembre au 2 décembre principalement. Le centre de l'illumination a toujours coïncidé avec la place du Soleil au-dessous de l'horizon. Le 5 décembre, à $10^h 30^m$ du matin, le ciel étant nuageux et brumeux, l'observateur remarqua, au moment où le Soleil était caché par un nuage, que la même coloration rouge carmin était visible autour de lui, ce qu'il n'a jamais remarqué en aucune autre circonstance.

A Argentan M. Vimont, à Alençon M. Boulard, ont observé les mêmes lueurs crépusculaires.

A Amiens, le phénomène s'est montré dans sa plus grande intensité les 26, 27 et 28 novembre. (Observateur : M. Decharme.)

A Soissons, l'illumination crépusculaire a été visible à partir du 26. (Observateur: M. Guiot.)

Ajoutons encore, pour couronner ces observations françaises, qu'il en a été question à la séance de l'Académie du 10 décembre, et que M. Dumas, alors en convalescence à Cannes, écrivait qu'à partir du 26 novembre l'illumination avait incendié le ciel du couchant derrière les montagnes de l'Esterel.

A Bruxelles, M. Vuilmet et plusieurs membres du *Cercle scientifique Flammarion* ont observé, le 26 également, en même temps que nous à Paris, l'illumination rouge s'étendant au-dessus du couchant et, de

part et d'autre, au sud-ouest et au nord-ouest. Tout Bruxelles crut également à un vaste incendie à l'Ouest, et l'on crut même devoir prévenir les pompiers. Coïncidence regrettable et qui eût frappé l'esprit superstitieux de nos pères : quelques jours plus tard, la ville de Bruxelles était le théâtre d'un violent incendie, qui détruisit, comme chacun sait, la nouvelle Chambre des Députés et une partie du Palais de la Nation.

A Anvers, M. de Boë a observé ces lueurs au spectroscope. La raie brillante du sodium était remplacée par une raie sombre très large, ce qui paraît indiquer la présence d'une grande quantité de vapeur d'eau de mer en suspension dans les hautes régions de l'atmosphère.

M. de Konkoly a fait la même observation à O'Gyalla (Hongrie).

A Rome, le phénomène s'est montré magnifique le 29 novembre, le 1er, le 2 et le 4 décembre. La Ville éternelle semblait embrasée par le feu du Ciel; l'éclat de l'illumination était merveilleux, et une heure après le coucher du Soleil le crépuscule portait ombre. Les instruments magnétiques restèrent tranquilles comme ici, et M. Laïs en conclut comme nous qu'il ne s'agissait point ici d'aurores polaires. A Naples, mêmes observations. Il en fut de même à Palerme, d'après les observations qui nous ont été adressées par M. Ricco.

En Corse et en Sardaigne, le phénomène frappa les habitants comme en Italie.

En Angleterre, en Irlande et en Ecosse, de nombreux observateurs ont décrit ces remarquables crépuscules en termes analogues aux précédents. Ils ont été observés de différents points dès le 25. A Edimbourg, M. Piazzi Smyth a fait une importante série d'observations jusqu'au 11 décembre.

En Allemagne, notamment à Berlin, l'illumination a été très accentuée dans les soirées des 28, 29 et 30 novembre. M. R. Helmholtz écrit que, par contraste, les nuages ont paru *verts* au coucher du Soleil.

A Athènes, « le bleu du ciel cédait insensiblement la place à un rouge purpurin qui imprégnait pour ainsi dire de ses rayons toute l'atmosphère ».

De Carthagène, M. Belmonte, directeur du Collège polytechnique, nous écrit que les sept premiers jours de décembre ont été marqués en Espagne par des illuminations rouges et roses, au lever comme au coucher du Soleil, si belles qu'on les prenait aussi pour des aurores boréales. — A Palamos, M. Figa a fait des observations analogues. De même M. Gillmann à Madrid, à partir du 30 novembre.

Il en a été de même à Christiania le 30 novembre, à Stockholm le 30 novembre et le 1er décembre, à Copenhague le 29 novembre.

De Constantinople, MM. G. de Varèse et Mavrocordato nous écrivent que ce brillant phénomène a frappé l'attention de toute la Turquie, jusqu'à la mer Egée, principalement les 1, 2, 5, 6, 7, 10 décembre. A Constantinople, « les mosquées avec leurs minarets majestueusement élancés vers le ciel se dessinaient fantastiquement sur le fond pourpre de l'horizon ».

Telle est la première vue générale du phénomène en Europe. C'est grâce à l'obligeance de nos lecteurs qu'il nous est permis de reconstituer cette esquisse, et nous leur offrons ici nos vifs remerciements. On voit que ces illuminations crépusculaires n'ont pas été localisées à Paris ni même à la

France et qu'elles ont été visibles, au contraire, d'une partie de l'Europe. Nous allons reconnaître qu'elles ont été beaucoup plus étendues encore, et que leur zone embrasse *le tour du monde*.

Et d'abord, quoique l'explosion lumineuse ait commencé le 26 novembre pour la plupart des spectateurs, elle avait été précédée de manifestations analogues, signalées de plusieurs points par divers observateurs du ciel. Le 9 novembre, un aussi glorieux crépuscule avait déjà été remarqué d'Angleterre, notamment de Londres, de Hampstead Hill et de l'île de Wight. Mais ces effets ont commencé beaucoup plus tôt, sur divers points du globe. Résumons aussi l'ensemble de ces observations:

On nous écrivait du *Cap de Bonne-Espérance*, à la date du 2 novembre : « Nous avons ici des illuminations extraordinaires presque tous les soirs depuis cinq semaines. Aussitôt après le coucher du Soleil, une illumination rouge ou jaune apparaît dans l'ouest, répand une vive lumière pendant quelque temps, puis disparaît; dans cet éclairement les fleurs paraissent plus brillantes, surtout les roses. Parfois la même illumination est visible le matin. »

De l'autre côté du monde, du *Bengale*, nous recevions aussi la notification suivante : « Des illuminations rouges extraordinaires apparaissent ici dans le ciel depuis quelque temps avant le lever du Soleil et après son coucher. On dit qu'elles ont été remarquées de l'Inde tout entière et de l'Égypte. Les indigènes sont remplis de terreurs superstitieuses. »

De Hobart (*Tasmania*), ces magnifiques couchers de Soleil ont illuminé le commencement d'octobre.

En *Arabie*, pendant les deux premières semaines d'octobre, tous les soirs le coucher du Soleil était suivi d'un crépuscule lumineux paraissant étendu sur la Mecque. Cette lumière était si extraordinaire que des Musulmans annonçaient « l'arrivée du Messie ».

Des États-Unis de *Colombie*, M. F. de Munoz nous a envoyé, à la date du 8 septembre, une relation détaillée des phénomènes atmosphériques observés principalement à Medellin, où ils ont causé la plus vive sensation. Le dimanche 2 septembre, avant son coucher, le Soleil apparut dépourvu de rayons et coloré d'un beau *vert*, de telle sorte que tout le monde pouvait le regarder sans en être ébloui. Insensiblement, il devint azuré, puis violet. Une longue couche de vapeur s'étendait sur toute la région occidentale du ciel. Il se coucha derrière les Cordillères, non rouge comme d'habitude, mais violet. La succession des couleurs fut exactement celle du spectre solaire, et l'observateur l'attribua à la réfraction de la lumière solaire à travers une masse transparente et translucide, de forme prismatique ou lenticulaire, interposée entre le Soleil et le lieu de l'observation, « probablement de la vapeur d'eau cristallisée dans un air tranquille au-dessus de la vallée de Medellin ». Le lendemain matin, au lever du Soleil, le phénomène se reproduisit en sens inverse.

On nous écrivait d'autre part, de l'*Île de la Réunion*, à la date du 14 septembre, que le 27 août et le 11 septembre surtout, le coucher du Soleil a été suivi d'une illumination rouge qui frappa tous les spectateurs :

« Au zénith la Lune, à son premier quartier, était cernée d'un halo; puis, revenant vers l'ouest, on apercevait sur le fond du ciel, au-dessus de la bande rouge et à travers un voile de nuages légers, comme trois ou quatre escaliers lumineux, véritable échelle de Jacob, dont les échelons reflétaient d'un côté la lueur verdâtre de la Lune, et, de l'autre, le pourpre de l'horizon. Cet éclairage compliqué prêtait à toute la scène quelque chose de vraiment fantastique. Ajoutons que le propre de ces teintes sanglantes du couchant qui nous étonnent depuis plusieurs jours est d'être absolument tranchées et sans aucune dégradation de nuance. »

Le *Courrier* de la Réunion ajoutait à la date du 9 octobre :

« Vers le 16 septembre, les choses avaient paru rentrer dans l'ordre; il y avait eu un double dénouement, tragique vers les détroits, placidement poétique ici, sous forme d'aurore australe. Mais depuis le 25 septembre, et invariablement de douze en douze heures, les apparences anormales ont repris leur cours au-dessus de nos têtes, avec plus d'intensité et de persistance.

» Le soir, par exemple, l'horizon est très curieux à observer. On n'y voit d'abord aucun indice, même assez longtemps après la disparition des derniers rayons du Soleil, et l'on est tenté de se dire : allons-nous-en, il n'y aura rien aujourd'hui, tant le fond du ciel est terne et uniforme. Mais aussitôt une légère teinte jaune pâle apparaît partout en nappe, et passe rapidement au cramoisi après avoir parcouru toute la gamme des nuances qui s'insèrent entre ces deux couleurs. Ce qu'il y a d'inaccoutumé, c'est que cette gamme est redescendue et remontée à plusieurs reprises, jusqu'à ce que le Soleil, continuant de plonger sous l'horizon, modifie assez les conditions de réfraction pour que la scène s'éteigne. »

A Ongole (*Indes anglaises*), du 10 au 13 septembre, le Soleil devint *bleuâtre* tous les jours vers 4^h de l'après-midi, et après son coucher le ciel occidental s'illumina des lueurs fauves d'un vaste incendie, restant visibles plus d'une heure après le coucher du Soleil, tandis que dans les circonstances ordinaires tout crépuscule disparaît ordinairement une demi-heure après le coucher du Soleil.

A San Cristobal (*Venezuela*), le 2 septembre, d'après la relation qui nous a été adressée par M. Carrillo y Navas, le Soleil a perdu presque soudainement son éclat à 3^h de l'après-midi, de sorte qu'on pouvait le regarder en face. « D'abord, c'était un globe d'argent mat, puis, assez rapidement, il est devenu *bleu* clair, puis bleu ciel. A 5^h, nous nous voyions tous bleus et la nature entière parut revêtir cette nuance, ainsi que les nuages qui se trouvaient aux environs du Soleil. » Observateur : M. Contreras.

A *Ceylan* et dans les *Neelgherries*, on a vu, le 9 septembre, le Soleil devenu *vert* par suite du passage d'un nuage de cette couleur passant devant lui, et ensuite devenu rouge par le passage d'un second nuage visiblement rougeâtre. Les taches étaient visibles à l'œil nu.

De *Madras*, Mlle Pogson, directrice de l'Observatoire, écrit, à la date du 10 octobre, que depuis plusieurs semaines, le matin comme le soir, le Soleil a paru coloré d'une nuance *vert bleu* très prononcée, qui a frappé non seulement les astronomes et les météorologistes, mais encore tous les habitants de la ville. C'est le 9 septembre que les phénomènes ont commencé. La Lune présentait la même coloration lorsqu'elle était voisine de l'horizon. Le 9 septembre, à $5^h 30^m$, on pouvait regarder sans aucune fatigue de l'œil ce soleil vert, sur lequel on distinguait à l'œil nu une tache de 1′ environ. Le 22, M. Smith observa son spectre : les bandes d'absorption dues à la vapeur d'eau étaient très marquées, et de plus il

y avait une grande absorption dans le rouge, même une heure avant le coucher du Soleil. A partir du 31 août, l'atmosphère s'est montrée très électrisée.

A *Honolulu*, le Soleil a paru parfaitement *bleu* le 5 septembre.

A l'*île de la Trinité*, le dimanche 2 septembre (le même jour qu'en Colombie), vers 5^h, le Soleil parut dépourvu de rayons et sous l'aspect d'un globe *bleu*. Après son coucher, le crépuscule devint si resplendissant que l'on crut à un incendie à l'ouest de la ville. Tous les observateurs de cette région s'accordent sur la coloration bleue du Soleil.

Il serait interminable de publier ici tous les documents que nous avons sous les yeux, et nous craignons d'avoir déjà mis trop fortement à l'épreuve l'attention de nos lecteurs. Mais il importait de montrer, par les témoignages eux-mêmes, que les illuminations crépusculaires qui nous ont tant frappé n'ont pas été circonscrites à la France ou à l'Europe, mais ont été générales, et qu'elles sont en connexion avec les colorations anormales du Soleil et de la Lune observées dans les Indes, en Colombie et ailleurs.

Nous devons maintenant remarquer l'époque de leur origine. Il y a eu une première illumination rouge le 27 août, à l'île de la Réunion, un Soleil vert en Colombie le 2 septembre, un Soleil bleu le même jour à la Trinité, suivi d'un crépuscule écarlate, un Soleil vert le 9 septembre à Madras, à Ceylan, à Aden, etc., et, à dater de là, on voit ces curieux effets météorologiques s'étendre de proche en proche jusqu'aux extrémités de l'Europe.

Quelle est la cause de ces phénomènes anormaux? — Nous avons vu, dès le début de cette relation, que ce ne sont pas des aurores polaires.

Nous avons vu également, par l'ensemble des observations, que le foyer de ces illuminations a toujours correspondu avec la position du Soleil, et qu'elles consistent essentiellement en une réflexion et une réfraction de la lumière solaire sur des particules de vapeur d'eau ou de fine poussière répandues dans les hauteurs de l'atmosphère. Les observations faites au spectroscope plaident en faveur de la vapeur d'eau, et notamment de la vapeur d'eau de mer; mais elle peut être également imprégnée d'une fine poussière.

A un effet général il faut une cause générale. Ce n'est pas une série de petites causes locales qui pourrait avoir produit les effets observés. Deux explications se présentent :

Ou bien la Terre a rencontré, dans son voyage céleste, un essaim de poussière cosmique qui a enveloppé comme d'une légère ceinture flottante les régions supérieures de l'atmosphère;

Ou bien des volcans terrestres ont lancé à une immense hauteur dans l'atmosphère des quantités colossales de vapeurs et

de poussières, lesquelles se seront ensuite répandues sur une vaste zone faisant presque le tour du globe.

Dans les deux cas, l'événement, cosmique ou terrestre, est arrivé le 27 août ou les jours précédents.

Or c'est le 25 août que le cataclysme de Java (40000 à 50000 victimes) a commencé. Ses trente volcans les plus actifs se sont mis à vomir vers le ciel des montagnes de fumées et de vapeurs; la température de la mer s'éleva de près de 20°, les eaux bouillonnèrent avec violence, des détonations formidables retentirent dans l'intérieur du sol, l'atmosphère s'emplit de cendres et l'obscurité devint telle qu'à midi même, à Batavia, à 150^{km} de Krakatoa, les voitures ne circulaient plus qu'avec les lanternes allumées; les navires en route pour le détroit de la Sonde recevaient sur leur pont une couche de $0^{m},50$ de cendres; tous les éléments étaient bouleversés. Nous devons sur ce point à notre savant correspondant, M. Herstein, de Padang, les descriptions les plus éloquentes. Le 26, l'île de Krakatoa s'effondrait, et la commotion sous-marine était telle que des lames de 30^{m} de hauteur se déployèrent en ondulations sinistres, balayant les rives, inondant les plages, détruisant entièrement villes et villages, et elles se propagèrent avec une telle énergie à travers l'immensité de l'Océan, qu'elles arrivaient le 27 dans l'après-midi à la Réunion ($1^{m},50$), à Rodrigues ($1^{m},45$) et à Colon (isthme de Panama), où elles mesuraient encore de $0^{m},30$ à $0^{m},40$ de hauteur. Le 28, elles avaient parcouru tout l'Océan et arrivaient à San Francisco !

La grandeur de ce cataclysme, qui a bouleversé le relief sous-marin du détroit de la Sonde est en rapport avec l'étendue des phénomènes atmosphériques que nous voulons expliquer. Ces volcans, chaudières de l'enfer, comme on les nomme, ont projeté verticalement vers le ciel et avec une violence inouïe des kilomètres cubes de vapeur d'eau chauffée à une haute température, véritables projectiles d'eau et de poussière qui ont dû s'élever à des hauteurs considérables, tant à cause de leur vitesse de projection qu'à cause de leur température, et ont dû dépasser de beaucoup les régions habituelles des alizés et des courants supérieurs. Les plus légères, les plus élevées de ces vapeurs se seront disséminées à une très grande élévation. Java est situé tout près de l'équateur, à 105° à l'est de Paris. D'après les relations précédentes, la première observation d'un crépuscule anormal aurait été faite à l'île de la Réunion le 26 au soir. Cette île est situé par 53° de longitude à l'est de Paris, à 52° environ de Krakatoa, et un peu plus au sud, presque sous le tropique. La distance est d'environ 5900^{km}, qui auraient été parcourus en deux jours environ, ce qui supposerait une vitesse de 123^{km} à l'heure. Cette vitesse n'offre

rien d'extraordinaire pour les courants supérieurs. La coloration anormale du Soleil observée le 2 septembre, en Colombie, sur l'équateur, d'une part, et, d'autre part, le même jour, à l'île de la Trinité, s'expliquerait en supposant que ces légères nuées supérieures se sont transportées et disséminées d'abord principalement dans les zones voisines de l'équateur. La Colombie est par 75° à l'ouest de Paris, et la Trinité est presque au centre de l'hémisphère opposé à Krakatoa : cette dernière distance (la moitié du tour du monde) aurait été parcourue en sept ou huit jours, soit avec une vitesse de 2700^{km} par jour (112^{km} par heure).

Notre savant confrère, M. Ranyard, combat cette explication en objectant que ces vitesses de translation sont impossibles d'une part, et que d'autre part les poussières ou vapeurs volcaniques vomies par les volcans de Java ne doivent pas s'être élevées plus haut que celles du Vésuve, que l'on voit s'étendre en nappes au-dessus du cratère, et qu'elles n'auraient pu qu'être emportées par les alizés, au lieu d'aller à la Trinité, en Europe, ou au cap de Bonne-Espérance; et il se déclare en faveur de l'hypothèse d'un nuage de poussière cosmique rencontré par notre planète.

Cette hypothèse n'est pas invraisemblable; mais : 1° la coïncidence précise des dates; 2° les observations spectroscopiques; 3° la violence exceptionnelle de l'éruption; 4° l'extension *graduelle* du phénomène jusqu'en nos climats nous paraissent rendre la première plus probable et plus simple. La vitesse de 112^{km} ou 123^{km} à l'heure est considérable; mais elle a des précédents : c'est la vitesse des ouragans à la surface du sol, malgré les obstacles, et les excursions aéronautiques montrent qu'en général la vitesse du vent augmente à mesure qu'on s'élève.

Mais ce qui donne encore plus de vraisemblance à notre opinion, c'est que le 27 août on a en même temps *entendu* les détonations de Krakatoa et *vu* le soleil vert. Une lettre transmise par l'amirauté anglaise contient ce passage caractéristique : « Le bruit des détonations de Krakatoa, ressemblant à une canonnade lointaine, a été entendu distinctement le 27 août de l'île de Bangney; le temps était très dérangé, on remarquait de curieux nuages au sud-ouest, et pendant plusieurs jours le Soleil parut verdâtre en approchant de l'horizon. » (*Nature* of 13 déc.).

Une autre Note de l'amirauté porte qu'un navire de l'État passant à l'ouest de l'Australie, à 1000 milles environ au sud-est du détroit de la Sonde, a été surpris le 30 août après le coucher du Soleil par une pluie de poussière volcanique. Si, comme il est probable, ce nuage venait de Krakatoa, il a parcouru 1050 milles, ou 1690^{km}, en trois ou quatre jours.

On écrit aussi d'Australie qu'on a recueilli sur le pont des navires plus d'un pouce d'épaisseur de poussières volcaniques, et que pendant plusieurs semaines les couchers de Soleil ont été extraordinaires.

De Yokohama : « Le Soleil a été complètement obscurci ici deux jours après le cataclysme du détroit de la Sonde; lorsqu'il reparut, il était enveloppé d'un brouillard et rouge-sang. »

Aux Seychelles, à l'île Maurice, à l'île Rodrigues, on remarqua, le 27, des ondulations extraordinaires dans la mer, suivies d'un raz de marée tout à fait étranger aux heures de marées. C'était l'ébranlement maritime du détroit de la Sonde : la vague la plus haute atteignit $1^{m},90$. Le même jour, dans ces trois points, et les jours suivants, le Soleil fut vu sans rayons, comme à travers une brume légère, et les levers comme les couchers de Soleil furent « extraordinaires ».

Mais n'éternisons pas cette relation, quelque curieux, quelque important, quelque rare que soit le sujet qui vient de nous occuper. Nos lecteurs ont entre les mains toutes les pièces du procès; nous avons tenu à les leur présenter, et nous sommes assurés que, malgré la témérité apparente de l'explication proposée, ils reconnaîtront avec nous qu'il n'en est aucune d'aussi simple ni de mieux justifiée par l'ensemble des faits observés. C. F.

P. S. — Comment se fait-il que ces particules soient restées en suspension pendant quatre mois dans l'atmosphère? — Parce qu'elles sont excessivement légères, aussi légères que l'air lui-même.

Comment se fait-il aussi qu'on ne les ait vues que par réflexion, avant le lever ou après le coucher du Soleil, et non en plein jour? — Parce qu'elles sont extrêmement fines et ne forment qu'une couche transparente analogue à celles qu'on a traversées parfois en ballon et qu'on n'a reconnues que d'en haut, par la réflexion de la lumière solaire.

Étiologie de l'épidémie du choléra en Egypte.

Rapport adressé au Ministère du Commerce par le Dr MAHÉ, médecin sanitaire de France à Constantinople, chargé d'une mission médicale en Égypte.

Nous empruntons à la *Gazette hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie* (du 21 décembre) le compte rendu suivant de cet important Rapport, publié récemment par les soins de l'administration :

« C'est à Damiette, on le sait, que le choléra est apparu à la fin du mois de juin, pendant la foire-pèlerinage du 13 au 20. Il importe peu d'ailleurs que ce soit telle ou telle personne chez laquelle le premier cas ait été observé, bien que M. Mahé ait tenu à faire une enquête sévère sur toutes les suppositions

énoncées; mais il est incontestable que bon nombre de chauffeurs et d'Indiens sont venus s'y promener, y faire du commerce et y séjourner plus ou moins longtemps. Or c'est précisément le quartier Souk-el-Rebbèh qui fut le principal foyer primitif de l'épidémie, et dans ce quartier logèrent les marchands étrangers, qui furent des premiers atteints. Les chauffeurs indigènes constituent, d'autre part, un danger permanent à cet égard; on les embarque principalement à Port-Saïd, sur les navires transitant pour la mer Rouge et la mer des Indes; ils dépendent ordinairement d'un cheik ou de plusieurs, qui les embauchent de leur propre chef, sans en prévenir l'autorité locale, et en dissimulant en tous cas le nombre réel des individus embarqués, de sorte qu'il n'existe aucun contrôle, aucune police sur ce point. Ces travailleurs, engagés pour la durée de la campagne du navire, aller et retour seulement jusqu'à Port-Saïd, ne figurent jamais sur le rôle d'équipage, ni sur les papiers du bord, à ce point qu'il est impossible de contrôler leur nombre, leur situation, leur débarquement, leur disparition et leur mort. Ces détails, que nous transcrivons d'après M. Mahé, montrent bien que l'arrivée d'un certain nombre de ces chauffeurs à la foire de Damiette a dû y déterminer l'épidémie, d'autant qu'ils débarquent alors de navires contaminés.

» Nous venons de voir qu'ils étaient étrangers à l'équipage des navires où ils ont séjourné, et par cela même soustraits à la surveillance sanitaire maritime; ces navires, dans le cas actuel, venaient de Bombay, où l'épidémie faisait alors, comme on sait, de nombreuses victimes parmi les nouveaux venus; on ne saurait donc s'étonner que des cas de choléra aient pu se produire à leur bord, et que les chauffeurs, comme aussi les passagers, aient été capables de porter à Damiette même le germe de la maladie. Les grands steamers à marche rapide, dit M. Mahé, qui mettent Bombay en communication avec Suez en dix à onze jours, directement et sans aucune relâche, font en réalité du canal maritime d'Égypte l'aboutissant forcé de ces communications, et, dans le cas de Damiette, par exemple, la foire du mois de juin est devenue l'occasion d'un renforcement du grand mouvement de l'Inde sur l'Égypte; d'où l'explication plausible de l'importation du choléra indien dans la Basse-Égypte par la voie du canal à Damiette. De plus, il convient de ne pas oublier que, malgré la recrudescence de l'épidémie cholérique à Bombay, l'influence prédominante de l'Angleterre dans les conseils de l'Égypte n'avait pu permettre de prendre des mesures prophylactiques suffisantes contre les provenances de cette ville!

» L'épidémie une fois déclarée à Damiette, elle se propagea successivement à toute l'Égypte, malgré les cordons sanitaires

qu'on tenta trop tardivement de lui imposer; nous ne voulons pas refaire l'historique de l'épidémie, qui a été retracé presque au jour le jour dans ces colonnes; mais il est un fait que nous devons rappeler, d'après le rapport de M. Mahé, et qui porte en lui-même sa signification bien précise; qu'on en juge. Le choléra frappa par trois fois la ville d'Ismaïlia, où l'armée anglaise avait été assez mal accueillie l'année précédente. La troisième importation, dit M. Mahé, se fit manifestement par l'entrée à Ismaïlia des troupes anglaises qui fuyaient l'épidémie cholérique du Caire et qui étaient déjà infectées. A ce sujet, habitants et médecins d'Ismaïlia, tous s'accordent à rejeter une lourde responsabilité sur les officiers anglais, qui ont imprudemment contaminé la ville, alors indemne, en disséminant les soldats à côté des habitations, en face des principales maisons, dans les rues, sur les promenades publiques, sur les bords du canal d'eau douce dans lequel ceux-ci ont été vus jetant les déjections des malades, qu'on répandait aussi dans les rues, sur les promenades d'Ismaïlia. Cependant, sur les réclamations réitérées des habitants, les troupes anglaises s'en allèrent occuper le palais khédival d'Ismaïlia, qu'elles ont récemment évacué en le laissant en état de contamination. Plus d'une fois, ainsi que plusieurs habitants l'ont affirmé, on vit les soldats anglais enterrer leurs morts cholériques presque à fleur de terre dans les sables qui avoisinent les tuyaux conduisant l'eau à Port-Saïd. Le détachement anglais perdit, durant une courte période de séjour à Ismaïlia, au moins 28 hommes dont 25 du choléra. Il fut remarqué que les premiers habitants contaminés par les Anglais furent des Arabes, et notamment des enfants qui étaient allés vendre aux troupes des fruits et de menus objets.

» La provenance exotique de l'épidémie de choléra en Egypte ne semble pas douteuse à M. Mahé, et les résultats de l'enquête qu'il a faite pendant six semaines dans toutes les localités infectées sont probants. Et, de fait, partout le choléra est apparu brusquement, sans que les conditions sanitaires locales aient changé dans les jours précédents et alors qu'on pouvait manifestement reconnaître l'arrivée dans la ville ou le village soit de fuyards, soit, comme à Damiette, d'individus suspects, provenant de pays et de navires contaminés. Quoi qu'on en ait dit, et M. Mahé apporte de nombreuses preuves à l'appui de ses affirmations, cette dernière ville, notamment ne présente rien de bien notable, comme insalubrité, en plus des autres villes de l'Égypte, et la mortalité, avant l'épidémie, n'y était pas plus élevée qu'à l'ordinaire. Damiette a, il est vrai, de très nombreuses communications avec toute l'Égypte, et, une fois envahie par l'épidémie, il devenait difficile d'arrêter la propagation de celle-ci. Les hypothèses n'ont, d'autre

part, pas manqué pour donner au choléra d'Égypte d'autres motifs que la provenance indienne si manifeste. M. Mahé discute les principales, sans s'arrêter plus qu'il ne convenait au grand nombre d'opinions fantaisistes, telles que celle qui voulait faire dériver le choléra de l'épizootie bovine. Il fait beaucoup d'honneur, en la discutant, à l'hypothèse du chirurgien général Hunter, d'après lequel il s'agissait bien à la vérité du choléra indien, mais l'épidémie de 1883 aurait procédé d'une façon indirecte : elle ne serait qu'une résurrection ou révivification de celle de 1865, d'autant qu'il y aurait eu, d'après lui, dans quelques localités de l'Égypte, de rares cas de cholérine ou de choléra sporadique dans l'intervalle des deux épidémies, notamment dans le cours des dernières années. M. Mahé n'a pas eu de peine à reconnaître, d'après les témoignages les plus considérables, l'inanité absolue de ces suppositions. Si bien que la plus grande somme des probabilités, c'est-à-dire l'importation de provenance indienne dans les circonstances indiquées, peut seule s'appuyer sur des arguments nombreux et d'une valeur capitale.

» Il semble singulier au premier abord que les services sanitaires de l'Égypte n'aient pu la prémunir contre le danger des navires arrivant des ports indiens contaminés; la porte du canal maritime de Suez, porte largement ouverte, comme le dit M. Mahé, constamment béante entre l'Inde et l'Europe pour les personnes comme pour les marchandises, a été sans nul doute la voie d'introduction de l'épidémie du mois de juin dernier pour Damiette. Pourquoi donc cette voie de communication, dont la surveillance sanitaire paraît relativement facile, n'est-elle pas mieux gardée ? En réalité, en dehors des navires à pèlerins qui, chaque année et à époques fixes, desservent le grand pèlerinage du Hedjaz, et qui sont l'objet de mesures sanitaires exceptionnelles, grâce aux soins d'une commission médicale spéciale, les navires qui traversent le canal peuvent facilement éluder toutes les précautions prescrites dans les règlements. M. Mahé a dû insister sur les causes de cette situation, dont la plus grave est la vénalité d'un grand nombre de fonctionnaires sanitaires; les preuves abondent dans son rapport, et il faut lui savoir gré d'avoir eu le courage d'insister sur ce côté pénible. On s'explique facilement dès lors tout cet ensemble de fausses nouvelles et de rapports mensongers qui avaient cours pendant l'épidémie et sur lesquels ne craignaient pas de s'appuyer, en Égypte, les adversaires systématiques des intérêts sanitaires des pays les plus directement intéressés.

» Le service de police sanitaire maritime en Égypte, aussi bien au point de vue international que sur le canal et dans l'intérieur du pays, est à la merci, la plupart du temps, d'agents d'une

moralité plus que suspecte et dépourvus des connaissances les plus élémentaires; quant aux individualités d'une honorabilité incontestée qu'il comprend, leur action n'a qu'une efficacité restreinte. M. Mahé indique les moyens les plus propres à combler les lacunes qu'il a signalées et à porter remède aux vices de la situation présente; nous ne le suivrons pas dans cette partie de sa tâche, qui nous entraînerait trop loin aujourd'hui et qui mérite une étude spéciale. Il nous a suffi de montrer avec quel soin il a accompli le but principal de sa mission et combien l'opinion que la France n'a cessé d'émettre sur les dangers auxquels el choléra indien expose constamment l'Égypte et par suite l'Europe trouve encore une fois, grâce à lui, une éclatante consécration. »

Utilisation des gaz combustibles qui se dégagent de la terre, pour la fabrication des glaces.

Les États-Unis ont été longtemps tributaires de l'Europe pour les produits de la verrerie en général et le seront longtemps encore en ce qui concerne spécialement les glaces, grâce à la perfection de notre fabrication de Saint-Gobain.

Néanmoins il existe un certain nombre d'usines de ce genre dans le nouveau monde. Le *Pittsburg Telegraph* signale, entre autres, une glacerie récemment montée à *Creighton-Station,* sur le *West Penn Railroad,* pour la fabrication de 20000 pieds de glace par semaine. Le point le plus curieux de cette installation, c'est que les fours employés sont chauffés au moyen des gaz naturels qui se dégagent de gisements de pétrole voisins de l'usine et que l'on a canalisés à cet effet.

On sait que l'ascension du pétrole dans les trous de sonde a lieu en vertu de la pression exercée sur les nappes souterraines par les gaz provenant du dégagement des essences légères très volatiles que contient le naphte. Les variations de la température et de la pression atmosphérique déterminent leur dégagement par toutes les fissures du sol, et les célèbres feux sacrés de Bakou, en Asie, n'ont pas été autrement alimentés depuis des siècles.

Ces gaz sont très combustibles et donnent en brûlant des températures élevées; ils forment difficilement des mélanges explosifs avec les gaz de l'atmosphère. L'idée de les canaliser et de les employer au chauffage des fours est donc pratique et rationnelle.

Cette idée pourrait être mise à profit par les raffineurs et les distillateurs de pétrole, qui, dans la distillation des pétroles bruts, laissent perdre dans l'atmosphère des quantités considérables de ces gaz dégagés ou dissociés. En les recueil-

lant par un dispositif simple, comme à l'usine de *Creighton-Station*, il serait possible de les employer au chauffage des fours de distillation, et de récupérer ainsi en calories une certaine quantité de matières premières consommées en pure perte.

Une ville morte.

Au bout de 380 ans la civilisation chilienne a reconquis les ruines de la ville de Villa-Real, détruite par les Araucans le 6 février 1603, époque depuis laquelle les hommes blancs n'y avaient plus jamais mis le pied en maîtres.

Une personne qui a fait partie d'une expédition ayant récemment visité cette contrée décrit ainsi les vestiges des siècles passés amoncelés dans le désert :

Quoique les ruines soient cachées par un bois touffu et élevé formé par des arbres variés et robustes, on distingue encore la direction et la largeur des rues assez nettement pour calculer exactement l'étendue des cent groupes de maisons et reconnaître la dimension des édifices, dont les emplacements des portes intérieures et extérieures se sont conservés presque intacts; en beaucoup d'endroits les restes des murs dépassent la hauteur de 3^m.

Ce qu'il y a de plus surprenant, ce sont trois canaux dans lesquels l'eau circulait au milieu de trois rues dès les premiers temps de la ville. Ils ont environ 1^m de largeur et de $0^m,15$ à $0^m,25$ de profondeur : ni le nombre infini des arbres tombés, ni l'encombrement des feuilles et des branches détachées des arbres, ni les pluies abondantes des hivers n'ont pu les combler ni les boucher. C'est tout ce qui a encore une apparence de vie; tont le reste est complètement éteint, à l'exception de trois arbres plantés par les premiers habitants.

On a découvert les débris de trois moulins, dont un pourrait être, en deux semaines de travaux, réparé et remis en état de fonctionner; deux pierres de meules se sont conservées intactes.

Une haute montagne, formée par des coudriers, des chênes, des lianes, des myrtes, des *canelos* et des lauriers, forme comme une ceinture autour des ruines et empêche le soleil d'y pénétrer.

(*L'Exploration*).

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE.

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

20 JANVIER 1884. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 199.

CONFÉRENCE DU 26 JANVIER,

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

PRÉSIDENT : M. **V. Duruy.**

M. **Ferdinand Brunetière** traitera le sujet suivant : *Les Salons dans la littérature française au* XVIIe *et au* XVIIIe *siècle.*

CONFÉRENCE SUR LES VOLCANS [1],

FAITE A L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE,

Par M. CH. VÉLAIN, docteur ès sciences naturelles,
Maître de conférences à la Sorbonne.

Salses, salinelles et mofettes. — Au dernier échelon des manifestations volcaniques se trouvent des émanations gazeuses, dans lesquelles domine le carbone combiné soit à l'hydrogène, soit à l'oxygène, et qui s'effectuent généralement à la température de l'air ambiant.

Ces dégagements de carbures d'hydrogène et d'acide carbonique, nombreux en Sicile, principalement dans la région de l'Etna, ont de tout temps appelé l'attention des géologues et des chimistes qui ont fait des volcans l'objet principal de leurs recherches.

Des analyses très précises, effectuées d'abord sur place, contrôlées ensuite dans le laboratoire par MM. Félix Le Blanc et Ch. Sainte-Claire Deville, ont permis à ces savants observateurs d'établir, dans ce groupe complexe d'émanations carbonées qui environnent l'Etna, une série décroissante dont les termes extrêmes sont formés par l'hydrogène protocar-

[1] *Voir* les *Bulletins* n°s 191, 192, 193, 196 et 197.

boné d'une part, et de l'autre par l'acide carbonique pur, ainsi que le démontre le Tableau suivant :

	MACALUBA			SALINELLE			SOURCE
	de Xirbi.	de Girgenti	de Terra-pilata.	de S. Biaggio.	de Paterno.	du Lago di Naftia.	acidulée de Paterno.
Hydrogène protocarboné	97,95	98,40	93,66	30,05	5,47	0,71	0,00
Azote	1,12	0,35	0,00		0,00	0,00	1,74
Acide carbonique	0,93	1,25	6,34	69,35	94,53	99,29	98,26
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Entre les suffioni, qui se rattachent intimement aux solfatares et aux geysers, comme nous venons de le voir, et ces émanations carbonées, dernier signe d'une activité volcanique depuis longtemps affaiblie, on peut observer une liaison étroite. Il se fait ainsi, dans la succession des phénomènes qui mettent fin aux manifestations volcaniques, une série continue d'étapes régulièrement décroissantes, dont les dégagements d'acide carbonique représentent le dernier acte.

Salses. — Les salses consistent en des émissions de boue plus ou moins salée, amenée au jour par des gaz souterrains qui s'échappent de petites collines coniques, tronquées au sommet par une ouverture cratériforme. Ce phénomène présente, en petit, tous les symptômes d'une crise volcanique véritable; l'éruption boueuse, précédée de secousses, s'annonce par une agitation tumultueuse de la masse vaseuse contenue dans le cratère, d'où s'échappent par quantités des bulles de gaz qui, venant crever à la surface, donnent naissance à de véritables projections. Les coulées boueuses s'effectuent ensuite, inondant souvent de vastes espaces et modifiant, par suite, l'aspect du sol où elles se manifestent. Leurs paroxysmes les rendent quelquefois redoutables, et rien ne manque alors au tableau d'une éruption volcanique.

Quelle que soit d'ailleurs l'apparence des orifices d'une salse, on voit toujours, quand on approche une allumette enflammée d'un de ces dégagements, se développer une flamme jaunâtre, douée d'un pouvoir éclairant considérable, dû à la présence de particules très fines de chlorure de sodium dans le gaz dégagé et non à la composition particulière de celui-ci, dont l'élément dominant est toujours le gaz des marais ([1]); c'est là leur trait caractéristique.

Ces cônes, répandus souvent en nombre considérable sur un

([1]) FOUQUÉ, *Les émanations gazeuses des Apennins* (*Revue des Deux-Mondes*, t. XCII, p. 533).

petit espace, sont toujours peu élevés, et, comme ils sont formés d'une argile tenace, leur pente est toujours plus forte que celle des cônes de débris. Leur forme est aussi plus régulière, et la cavité centrale, qui parfois se réduit à $0^m,5$ ou $0^m,6$, offre une section circulaire parfaite. Il est de ces cratères qui, surbaissés, ne dépassent le sol que de quelques centimètres, figurant ainsi de véritables cratères-lacs, remplis d'une eau vaseuse sans cesse agitée.

Ces appareils justifient bien ainsi le nom de *volcans d'air* ou mieux celui de *volcans de boue*, qu'on leur a donné, en Sicile, dans le *Macaluba* [1] de Girgenti, exemple le plus connu et le plus souvent cité de ces suintements de boue.

Le Macaluba de Girgenti est situé à 11^{km} au nord de la ville, au milieu d'une campagne stérile, absolument découverte, dépourvue de toute espèce de culture et d'habitation. De toutes les descriptions qui en ont été données, celle de Dolomieu, qui date de 1781 [2], est certainement la plus complète et la plus exacte; nous ne saurions donc mieux faire, pour en donner une idée, que de la reproduire ici textuellement :

« Cette montagne, à base circulaire, représente imparfaitement un cône tronqué; elle peut avoir 150 pieds d'élévation, prise d'un vallon qui est au-dessous et qui en fait presque le tour; elle est terminée par une plaine convexe qui a un demi-mille de contour : elle est de la plus grande stérilité et ne produit pas la moindre végétation. On voit sur son sommet un très grand nombre de cônes tronqués, à différentes distances les uns des autres et de différentes hauteurs; le plus grand peut avoir 2 ½ pieds, les plus petits ne s'élèvent que de quelques lignes. Ils portent tous sur leurs sommets de petits craters (*sic*) en forme d'entonnoirs, proportionnels à leurs monticules et qui ont à peu près la moitié de leur élévation pour profondeur. Le sol sur lequel ils reposent est une argile grise, desséchée et gercée dans tous les sens, qui s'enlève en feuillets de 4 pouces d'épaisseur; le grand balancement qu'on éprouve en marchant sur cette espèce de plaine annonce que l'on est porté par une croûte assez mince, appuyée sur un corps mou et demi-fluide; on reconnaît bientôt que cette argile desséchée recouvre réellement un vaste et immense gouffre de boue, dans lequel on court le plus grand risque d'être englouti.

» L'intérieur de chaque petit cratère est toujours humecté,

---

(1) Ce nom, d'origine arabe, qui signifie *bouleversé, tourmenté*, s'applique bien aux salses de Sicile.

(2) DOLOMIEU, *Voyage aux îles Lipari, fait en* 1781, suivi d'un Mémoire sur une espèce de volcan d'air (salse de Girgenti), p. 153 et suiv. Paris, 1783.

et l'on y observe un mouvement continuel; il s'élève à chaque instant de l'intérieur et du fond de l'entonnoir une argile grise délayée, à surface convexe, qui, en s'arrondissant, arrive aux lèvres du cratère qu'elle surmonte ensuite en forme de demi-globe; cette espèce de sphère s'ouvre pour laisser éclater une bulle d'air qui a fait tout le jeu de la machine. Cette bulle, en se crevant avec un bruit semblable à celui d'une bouteille que l'on débouche, rejette hors du cratère l'argile dont elle était enveloppée, et cette argile coule à la manière des laves sur les flancs du monticule; elle en gagne la base et s'étend à plus ou moins de distance. Lorsque l'air s'est dégagé, le reste de l'argile se précipite au fond du cratère, qui reprend et garde sa première forme, jusqu'à ce qu'une nouvelle bulle cherche à s'échapper. Il y a donc un mouvement continuel d'abaissement et d'élévation plus ou moins précipité, et dont l'intermittence est de deux ou trois minutes...

» Il y a quelques petits monticules qui sont entièrement secs, et qui ne donnent plus passage à l'air; le nombre des uns et des autres est en général de plus de cent et varie chaque jour; en outre des petits cônes, il y a quelques cavités dans le sol même, surtout dans la partie de l'ouest, qui est un peu plus basse; ces petits trous ronds, de 1 ou 2 pouces de diamètre, sont pleins d'une eau trouble et salée, d'où s'élèvent et sortent immédiatement les bulles d'air, qui y excitent un bouillonnement semblable à celui de l'eau sur le feu, et qui crèvent sans bruit et sans explosion. Je trouvai sur la surface de quelques-unes de ces cavités une pellicule d'huile bitumineuse d'une odeur assez forte, que l'on confond souvent avec celle du soufre.

» Tel est l'état de cette montagne pendant l'été et l'automne jusqu'au temps des pluies; et c'est ainsi que je l'ai vue. Mais, pendant l'hiver, les circonstances sont toutes différentes; les pluies ramollissent et détrempent l'argile desséchée de son sommet; les monticules coniques sont dissous; ils se rabaissent et se mettent de niveau, et le tout n'offre plus qu'un vaste gouffre de boue et d'argile délayée dont on ne connaît pas la profondeur et qu'on n'approche qu'avec le plus grand danger. Un bouillonnement continuel se voit sur toute cette surface : l'air qui le produit n'a plus de passage particulier et vient éclater dans tous les endroits indistinctement... »

Ces deux états différents représentent la période de calme et par conséquent le jeu normal du Macaluba. Cette salse a aussi ses moments de grande « fermentation », ajoute Dolomieu, pendant lesquels se manifestent des phénomènes en tous points comparables à ceux qui servent de prélude aux éruptions, dans les cratères brûlants.

Des mouvements du sol, avec leur cortège habituel de bruits

souterrains, souvent très violents, se font alors sentir sur une étendue de plusieurs lieues; puis surviennent des explosions provoquant le jet, à une hauteur de plus de 50^{m}, de véritables gerbes d'argile détrempée, mêlée de quelques pierrailles empruntées au sol sous-jacent; enfin une véritable coulée de boue, accompagnée de dégagements tumultueux de gaz hydrocarbonés, dégorge du cratère et vient recouvrir une étendue de plusieurs lieues.

Ces éruptions violentes se manifestent à la fin de l'automne, dans les années sèches, quand la boue asséchée, devenue plus consistante, a mis longtemps obstacle à l'émission des gaz.

On doit encore savoir gré à Dolomieu d'avoir reconnu que la composition des gaz qui se dégagent ainsi de la masse boueuse était complexe. Après avoir constaté que cette vase, qui dans les cratères paraît soumise à une vive ébullition, restait toujours à une température voisine de celle de l'air ambiant ou même inférieure, il a reconnu que les bulles qui venaient ainsi crever à la surface contenaient deux sortes *d'air :* un *air fixe* ou gaz méphitique, impropre à la combustion : c'était alors la dénomination de l'acide carbonique; un *air inflammable*, qui brûlait avec une légère explosion. Armé d'une simple bouteille et d'une bougie, il était loin d'avoir à sa disposition les appareils délicats qui permettent maintenant, non seulement de condenser les vapeurs et de recueillir les gaz volcaniques, mais d'en faire l'analyse sur place.

On sait maintenant que le mélange gazeux qui s'échappe des salses et provoque l'émission de la boue renferme des carbures d'hydrogène avec de l'acide carbonique et quelquefois de l'azote.

Les émanations hydrocarbonées se présentent surtout dans les paroxysmes. Dolomieu en avait fait déjà la remarque en 1785, pendant une des crises violentes du Macaluba [1]. Avec raison l'illustre et savant observateur admettait que c'était uniquement l'accumulation et la force expansive de ces gaz qui, joints à de la vapeur d'eau pulvérisée, déterminent les grandes crises. Il rejetait également l'hypothèse de la combustion souterraine de l'air inflammable, admise par ses prédécesseurs, par cette raison toute naturelle que « son inflammation dans les cavités de la montagne n'était pas possible, puisque, pour produire cet effet, il lui faut le concours de l'*air pur* », lisez de l'oxygène.

---

[1] « Le fluide élastique de Macaluba me parut air fixe ou gaz méphitique, lorsque je l'observai en 1771; je n'y pu (*sic*) produire aucune inflammation; plus tard, en 1785, il se trouva être entièrement *air inflammable*, qui brûlait avec légère explosion. » (DOLOMIEU, *loc. cit.*, p. 368.)

La relation si détaillée de Dolomieu représente fidèlement l'état du Macaluba, vers la fin du siècle dernier. Actuellement, par suite de l'élargissement de sa masse, les contours de la salse sont moins réguliers. Elle a perdu sa forme conique et figure maintenant un mamelon écrasé, aux pentes arrondies, rattaché aux collines voisines, au-dessus desquelles il ne s'élève à peine que de 50^{m}.

Le Macaluba ne doit pas uniquement son relief aux émissions boueuses : c'est un mamelon formé de marnes grises gypsifères, d'âge miocène, sur le flanc duquel des éruptions successives ont accumulé une masse épaisse d'argile délayée. Sa surface, fortement ondulée et comme bosselée, couverte d'une centaine de petits cônes éruptifs et de cratères-lacs, devenue solide et résistante, ne fléchit plus sous le pied et l'on peut circuler aisément au milieu de tous ces foyers sans éprouver les inquiétudes de Dolomieu. En beaucoup de points la présence du *Salsola vermiculata* témoigne de la salure des eaux boueuses. Dans tous les cratères actifs, c'est le gaz des marais (hydrogène protocarboné) qui domine; en même temps, le bitume, devenu plus abondant, dessine autour des cônes de larges traînées sinueuses, d'un brun noir, qui s'étendent souvent fort loin.

C'est dans cet état que M. Contejean, à qui nous empruntons ces détails (1), a trouvé le Macaluba, en septembre 1882, un siècle après Dolomieu par conséquent. C'est en effet le 18 septembre 1781 que ce savant géologue partait d'Aragona-Caldare pour entreprendre l'exploration du *volcan d'air* de Girgenti.

Les diverses sources gazeuses hydrocarbonées de la Sicile, rayonnant suivant des directions déterminées autour de l'Etna, sont nécessairement en relation avec les différentes phases d'activité de ce volcan. Dans les grands paroxysmes, quand la poussée volcanique amène la lave jusqu'au cratère terminal, ces évents secondaires, donnant issue aux masses gazeuses refoulées par suite de l'obstruction de la cheminée centrale, éprouvent une recrudescence, marquée non seulement par la violence des dégagements, mais encore par des différences dans leur composition. C'est ainsi que M. Fouqué, en 1865, lors de la grande éruption qui a donné lieu à la coulée de Frumento, a pu constater la présence de l'hydrogène libre dans la salse de Santa-Venerina, où Charles Sainte-Claire Deville n'avait rencontré, quelques années auparavant, que de l'hydrogène protocarboné (2). De ce fait, qui a pu être vérifié en

(1) CONTEJEAN, *Une excursion au Macaluba de Girgenti.* (*Revue des cours scientifiques*, 3e série, t. XXXI, p. 720.)

(2) Voici, d'après M. Fouqué (*loc. cit.*, p. 40), la composition d'un mé-

d'autres points dans des conditions semblables, on peut conclure que la disparition de l'hydrogène libre, et surtout l'intervention, dans ces émanations gazeuses, d'un carbure d'hydrogène plus riche en carbone que le gaz des marais, est un signe de ralentissement dans leur activité.

L'une d'elles, le Macaluba de Tempilota, située près de la ville de Caltanisetta, sur un plateau élevé de 150m, présente cette particularité remarquable de voir ses volcans se multiplier pour ainsi dire à l'infini, à chacun des tremblements de terre qui agitent si fréquemment la Sicile. Pendant plusieurs jours des torrents de boue salée s'en échappent avec des dégagements tumultueux de gaz. La surface du plateau s'entr'ouvre, et la grande fissure qui se déclare ainsi et livre passage aux gaz, épousant chaque fois la même direction, est-ouest, vient atteindre, près de la ville de Caltanisetta, le couvent des Franciscains (*Covento della Gracia*), qui, se trouvant sur le trajet de cette fente, voit ses murailles, à chacune de ses secousses, fracturées.

Salses des Apennins. — Les salses et les salinelles sont nombreuses dans la haute Italie. Quand on descend des hauteurs des Apennins, on rencontre, avant d'atteindre la plaine de la Lombardie, une longue bande de terrains marneux qui s'étend depuis Plaisance jusqu'à l'extrémité sud de l'Italie, en épousant sensiblement la direction de l'arête montagneuse de la Péninsule; c'est au travers de ces marnes subapennines, sur le trajet d'une grande ligne de fracture (est-ouest, 17° nord) sensiblement parallèle à la chaîne des Apennins, que s'étagent, à une altitude toujours faible, au-dessus de la plaine de la Lombardie, les curieux appareils que nous venons de décrire en Sicile; les plus connus sont ceux de Bergullo, de Passuno, de Salvarola, de San-Venanzès et de Sassuolo. La nature éminemment argileuse du sol se prête merveilleusement à la production des cônes de boue et de salses, aussi tous les dégagements que nous venons d'énumérer se présentent-ils sous cet aspect.

La salse de Bergullo, située dans le district d'Imola, se si-

---

lange gazeux rejeté par la source de Santa-Venerina, près d'Aci Reale :

Acide sulfhydrique	traces.
Acide carbonique	3,13
Gaz des marais	71,76
Hydrogène	3,70
Oxygène	1,18
Azote	22,15

Cette source, ayant pour caractère de se manifester au milieu de marnes crétacées gypsifères, produit en outre des sulfures alcalins et alcalino-erreux qui en font une station d'eaux minérales renommée.

gnale par l'étonnante régularité de ces cônes de boue, dont les principaux, élevés de 3^m sur 12^m de circonférence, formés d'une argile fine blanchâtre très résistante, paraissent avoir été construits de main d'homme.

Quelques-uns, largement ouverts sur le côté, donnent issue à de véritables coulées latérales qui se déversent dans le rio Sanguinario, ruisseau fangeux dont les eaux rougies serpentent dans le fond du vallon d'Imola. Dans le même point, suivant les conditions variables d'humidité du sol et surtout suivant l'énergie du dégagement gazeux, les cônes de déjection, faisant défaut, sont remplacés par de véritables lacs de boue comme au Macaluba de Girgenti en Sicile.

Sassuno, dans le district de Castel San Pietro, établie sur un étroit plateau argileux entouré de ravins profonds, draînés par des rivières torrentielles, est de date récente. Son apparition, au commencement du siècle, a été le prétexte de phénomènes violents, secousses suivies de véritables explosions, bouleversant le terrain environnant. Le plateau, fissuré en tous sens, ressemblait à un champ labouré de sillons profonds dont la crête était aiguë et tranchante. En 1839, époque où cette salse a été reconnue et décrite pour la première fois par le professeur Bianconi, de Bologne, en divers points très rapprochés ([1]), les dégagements d'hydrogène protocarboné s'effectuaient à des intervalles de quelques secondes au milieu d'une eau bourbeuse projetée, par éclaboussures, sur les flancs de l'éminence.

En 1869, MM. Fouqué et Gorceix ([2]) reconnurent, dans les nombreuses bulles qui venaient éclater à la surface de cette boue semi-fluide, qui formait alors, çà et là, de petites mares salées dont l'approche n'était pas sans danger, la présence, avec une grande abondance de gaz des marais, d'une proportion notable d'un carbure d'hydrogène, plus riche en carbone (hydrure d'éthylène), qui jusqu'alors n'avait été rencontré, à l'état naturel, que dans les gaz des sources de pétrole.

La salse de Sassuolo, située près de Modène, en plein pays de plaine, doit sa célébrité, d'une part au récit que Pline a donné de son apparition, de l'autre à l'exploration mémorable qu'en a faite Spallanzani en 1789. C'est, de toutes les salses des Apennins, celle qui, de beaucoup, a le plus attiré l'attention de tous ceux qui se préoccupent de l'étude des phénomènes actuels.

« Sous le consulat de Lucius Martius et de Sextus Julius,

([1]) Sur un espace allongé, dont le grand diamètre avait environ 6 palmes, raconte le professeur Bianconi.

([2]) Fouqué et Gorceix, *Gaz combustibles des Apennins et des lagunes de Toscane* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXIX, p. 946).

rapporte Pline d'après le récit, sans aucun doute très exagéré, des philosophes toscans, il arriva dans la campagne de Modène un tremblement de terre vraiment prodigieux : deux montagnes vinrent à se ruer l'une contre l'autre et à s'entre-choquer avec un effroyable fracas; puis elles se redressèrent l'une et l'autre, et à l'endroit de leur séparation on voyait, de temps en temps, s'élever vers le ciel une fumée mêlée de flammes. Ce phénomène fut observé, de la voie Émilie, par un grand nombre de chevaliers romains, par leur suite et par tous les passants. Dans ce choc, toutes les propriétés furent détruites, et la plupart des animaux périrent. »

D'autres récits, datant du XVII[e] siècle, mentionnent les éruptions de la salse comme accompagnées de phénomènes précurseurs en tous points comparables à ceux qui occasionnent de si grands désastres dans les paroxysmes de l'Etna et du Vésuve.

« Des tremblements de terre bouleversent le sol, des flammes embrasent des collines entières, raconte Frassoni en 1860 (¹); leur lueur éclaire, par intervalles, ce sombre horizon, de telle sorte que, par instants, le jour succède à la nuit et la nuit au jour. Les hommes et les animaux sont frappés de terreur et, si une prompte fuite ne les dérobe au danger, ils trouvent bientôt la mort au milieu des éléments déchaînés. Tous ces phénomènes durent jusqu'à ce que, l'incendie ayant dévoré tous ses aliments et entièrement consumé la colline dans les flancs de laquelle il s'est allumé, il se forme une autre colline de monceaux de terre et de pierres qu'il a rejetés. »

De tels récits, où l'exagération des narrateurs frappés de terreur est manifeste, indiquent cependant que la salse de Sassuola a subi de nombreux paroxysmes accompagnés de violentes secousses et de projections de débris.

Spallanzani, à diverses reprises, est venu explorer Sassuolo. En 1789, lors de sa première visite, la salse, dans un état de tranquillité relative, se présentait sous la forme d'un cône argileux, peu élevé, creusé au sommet en forme d'entonnoir, et donnant issue en ce point à d'énormes bulles de gaz combustible, qui s'échappaient, d'une façon intermittente, au milieu d'une eau bourbeuse constamment agitée. Ces bulles soulevaient des masses d'argiles, fortement imprégnées d'eau, qui, débordant au-dessus de l'entonnoir, se déversaient sur les flancs du cône.

L'année suivante, en juillet, autour de ce premier cône surélevé, se dressaient quatre petits monticules de même nature où se manifestaient les mêmes phénomènes. Leur apparition avait été accompagnée de mouvements du sol violents et

(¹) FRASSONI, *De thermis montis Gilii.*

de projections qui avaient lancé à plus de 10^m de distance, avec des quantités de pierres, un bloc calcaire pesant 400^{kg}. A cette période d'agitation a succédé une longue période de repos : en 1793, dans une troisième exploration, Spallanzani trouva en effet la salse presque inactive, réduite à un seul cône, de faible dimension, d'où s'échappaient, à des intervalles très inégaux et très espacés, de faibles dégagements gazeux.

C'est seulement en 1835 que la salse Sassuolo, qui depuis longtemps sommeillait, s'est réveillée soudainement par une crise terrible qui a provoqué la projection à une grande distance d'une masse de boue et de pierres évaluée par le professeur Giovanni de Brignoli, professeur à l'Université de Modène, témoin oculaire du phénomène, à 10460000^{mc}. Le sol se fendit en plusieurs points et, dans ces crevasses, la température s'étant sensiblement accrue, de violents dégagements de gaz inflammables s'effectuèrent accompagnés d'émissions d'eaux fortement salées.

Cette grande éruption paraît avoir épuisé en partie l'énergie de Sassuolo; c'est à peine si, depuis cette époque, on a pu ressentir quelques légères secousses qui ne sont pas comparables aux oscillations dont nous venons de parler. En 1869, MM. Fouqué et Gorceix ont trouvé la salse réduite à une petite mare d'eau bourbeuse, ayant à peine 1^m de diamètre, d'où s'échappaient quelques rares bulles de gaz de marais. Aux alentours, le sol, sec et aride, était dépourvu de toute trace de végétation.

Terrains ardents, fontaines ardentes. — Quand on quitte les collines subapennines pour faire l'ascension des hautes cimes des Apennins, en suivant la route qui conduit de Bologne à Florence, on traverse, à 30^{km} environ de la région des salses que nous venons de décrire, une seconde ligne de fracture, sensiblement parallèle à la précédente, qui livre également passage, en de nombreux points sur son parcours, à des dégagements spontanés de gaz hydrocarbonés.

Ces dégagements ne trouvant plus, dans ces parties élevées de la chaîne, composées principalement de grès micacés (*macigno*) avec masses de serpentines intercalées, un sol argileux propice à l'établissement des volcans de boue, donnent lieu à des *terrains ardents* et à des *fontaines ardentes.* Les premiers se produisent quand le mélange gazeux, riche en principes combustibles, sortant à sec d'un terrain rocailleux, s'éteint difficilement après avoir été enflammé; les fontaines ardentes s'établissent quand ces mêmes dégagements, par suite de circonstances favorables, s'effectuent au sein de nappes d'eau. Ces deux conditions, essentiellement variables, peuvent se réaliser, en des temps différents, sur le même dégagement, suivant la saison et le degré d'abondance des pluies.

Auprès du village de Gaggio, situé dans la montagne, à 4^{km} au-dessus de la petite ville de Poretta, où commence le col dans lequel s'engage le chemin de fer de Cologne à Florence, ces effluves gazeuses, qui s'échappent de toutes parts à travers des champs cultivés, ne laissent soupçonner leur existence que pendant les pluies, des myriades de bulles se dégageant alors des plus petites flaques d'eau. Une allumette enflammée y susciterait un incendie qui détruirait toute la moisson.

Les fontaines ardentes sont également nombreuses près du village voisin de Barigazzo, situé presque sur la cime des Apennins; l'une d'elles, l'*Orto del inferno* (jardin de l'enfer) doit son nom à la terreur qu'inspirent dans la région les flammes qu'on peut y développer, au milieu des prairies, en allumant le gaz combustible. Non loin de là, à une petite distance de Monte-Creto, séparé de Barigazzo par un ravin large et profond, la *Sponda del Gato* (margelle du chat) laisse échapper des flammes azurées, peu brillantes, qui servent à alimenter les foyers. Au mois de mai 1869, MM. Fouqué et Gorceix ont trouvé ce gaz brûlant devant une image de la madone sous une petite chapelle élevée sur le dégagement, peu de temps avant leur arrivée. Non loin de Gaggio, à quelques kilomètres en contre-bas, les sources minérales bien connues de Porreta, qui jaillissent au nombre de cinq du pied de la colline escarpée de Passo-Cardo, sont toutes de véritables fontaines ardentes; les mêmes fissures qui donnent issue à ces sources chaudes (30° à 38°), tout à la fois alcalines et salées, livrent, en effet, passage à d'abondants dégagements de gaz combustibles. Mais, en même temps, ces fissures se continuant jusqu'au sommet, une partie du mélange gazeux poursuit sa route verticalement et donne lieu, en s'échappant des insterstices d'un massif de grès dénudé, au terrain ardent qui couronne le mont Sasso-Cardo [1]. Ces jets de gaz, une fois allumés, s'éteignent difficilement; pour les éteindre, il faut apporter de l'eau et la répandre sur les orifices de sortie, ce qui ne peut se faire sans difficultés, étant données les

(1) *Analyses des gaz recueillis dans les dégagements de Porreta par MM.* Fouqué *et* Gorceix *en* 1869 :

	Porreta.				
	Bori.	Marte.	Puzzola.	Vedhia.	Sasso-Cardo.
C^2H^4...........	92,22	92,16	91,48	90,75	94,82
CO^2............	5,72	5,06	1,84	2,02	2,05
Az..............	2,06	2,78	6,68	7,23	3,13

Fouqué et Gorceix, *Étude chimique des gaz à éléments combustibles de l'Italie centrale* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXIX, p. 947).

inégalités du sol et la tendance du gaz à fuir partout où il ne trouve pas la mince nappe d'eau qu'on l'oblige à traverser.

Des terrains ardents encore plus remarquables, échelonnés dans le Modénais, le long des Apennins, de Pietra-Mala à Bocca-Suolo, sur la route qui conduit de Modène à Pistoïa, sont illustrés par les explorations qu'en ont faites, à la fin du siècle dernier, Volta et Spallanzani.

L'histoire garde le souvenir des luttes à jamais célèbres qui s'engagèrent alors entre ces deux savants, d'une haute valeur scientifique, pour décider si les gaz qui se dégagent spontanément du sol, dans presque toutes les régions volcaniques, ou même dans des contrées quelquefois très éloignées des points où se manifeste l'action des feux souterrains, peuvent être assimilés à ceux qui se développent dans la boue fangeuse des marais, question qui passionnait alors un grand nombre de géologues et de chimistes.

Volta, qui venait d'inventer l'eudiomètre pour découvrir la composition de l'air inflammable qui s'échappe du fond des marais, partant de ce principe que ce gaz provient d'une décomposition de matières végétales, était naturellement porté à croire que, partout où le carbure d'hydrogène nouvellement découvert par lui se rencontrait dans la nature, il fallait nécessairement supposer, près du dégagement, comme cause première du phénomène, la présence de substances végétales en voie de décomposition. Aussi toutes ses expériences, faites sur place, dans les Apennins, notamment à Pietra-Mala en 1780, pour déterminer la nature de ces effluves gazeuses qui donnent lieu aux terrains ardents, ont tendu vers ce but. Considérant son hypothèse comme une vérité démontrée, il affirma que, dans tous les points où se révèlent ces émanations, le sol renferme, à des profondeurs inconnues, d'anciens marécages, des tourbières, ou même des amas de houille enfouis depuis des siècles; dans le cas particulier des Apennins, il supposait qu'autrefois des portions importantes de la chaîne, s'étant éboulées, avaient recouvert de leurs débris, dans leur chute, des quantités prodigieuses de substances animales et végétales. L'air inflammable résultant alors de leur décomposition lente, accumulé dans de vastes cavités souterraines, s'écoulait maintenant par toutes les crevasses du sol fissuré.

Volta eut pour contradicteur passionné Spallanzani, l'éminent naturaliste que l'on sait. Lui aussi, dans le cours de son mémorable voyage aux Apennins, en 1789, vint consacrer plusieurs jours à l'étude des feux naturels de Barigazzo et de Bocca-Suolo, pour combattre la théorie de Volta par des observations précises sur le terrain, en se servant de moyens d'analyse chimique introduits récemment dans la science.

Installé dans une chambre de l'hôtellerie de Barigazzo, il reconnut, par une suite d'observations suivies, que l'activité et la hauteur des flammes augmentaient par les temps chauds et pluvieux, c'est-à-dire quand la pression atmosphérique diminuait. C'est de cette chambre, désormais célèbre, qu'est sortie cette idée également fausse, que le gaz imflammable n'était autre que de l'hydrogène libre mélangé d'une certaine quantité d'un liquide carburé très volatil. Ces deux grands adversaires ont donc laissé intacte la question, maintenant bien résolue, du mode d'origine de ces dégagements gazeux.

Sources de bitume. — Aucun de ces deux savants observateurs ne s'était préoccupé de l'existence des matières bitumineuses volatiles qui imprègnent le sol, sur le lieu du dégagement, et pourtant le bitume prend une large part dans les exhalaisons des salses. On connaît en Auvergne, au pied de la chaîne volcanique des puys, une source de bitume qui découle d'un ancien cône de scories, le *puy de la Poix*. Nous avons vu précédemment qu'au macaluba de Girgenti de larges flaques de bitume venaient par places flotter à la surface des lacs boueux.

Mer Morte. — Le lac Asphaltique ou mer Morte n'est lui-même qu'une immense salse, ainsi qu'en témoignent le degré de salure et la haute minéralisation de ses eaux, qui font de ce lac, le plus déprimé qu'on connaisse, une des masses d'eau les plus denses et les plus salées du globe. Étroitement resserrée entre la chaîne montagneuse de Judée et les monts Abarim, contreforts des hauts plateaux d'Ammon et de Moab, cette mer intérieure couvre de ses eaux denses et amères la partie la plus déprimée de ce vaste sillon, au fond duquel s'écoule le Jourdain.

L'eau de la mer Morte ne paraît pas, au premier abord, différer de celle de l'Océan, mais, si l'on y plonge la main, elle laisse une impression huileuse assez prononcée; on sait que le corps humain n'y enfonce pas, même quand il conserve une immobilité complète. Ce fait, connu des anciens, a été vérifié par Vespasien, qui y faisait jeter des criminels solidement garottés.

Sa densité moyenne est, en effet, à la surface, de 1,162 et peut atteindre en certains points 1,250 [1]. Elle renferme deux fois plus de chlorure de sodium que la Méditerranée, avec une très forte proportion de chlorure et surtout de bromure de potassium.

M. Lartet, dans le cours de l'expédition du duc de Luynes à la mer Morte, en 1866, a pu constater que cette richesse extraordinaire en brome s'accroît régulièrement de la surface au fond,

---

(1) Celle de l'Océan n'est que 1,027.

où elle atteint le chiffre énorme de $7^{gr},093$ par kilogramme d'eau [1]. Par contre, l'iode, si caractéristique des eaux marines, fait ici complètement défaut.

Ancun être vivant ne vient animer cette nappe d'eau, qui doit aux phénomènes internes une composition qu'on ne saurait attribuer à la concentration séculaire d'une eau marine par évaporation. Pendant bien longtemps la mer Morte a servi de type aux lacs salés si répandus autour de la Caspienne, qu'on considérait autrefois comme autant de laisses d'une mer asiatique, qui se serait étendue de l'aval à la Caspienne, occupant ainsi le centre de l'ancien continent, divisé par suite en trois terres distinctes.

En réalité, le bassin de cette mer, dont le mode de formation par effondrement n'est pas douteux, rempli tout d'abord par les eaux de circulation superficielle, n'est autre qu'un ancien lac d'eau douce, dont la composition a été ultérieurement changée par des apports internes, sous l'influence de phénomènes volcaniques qui ont agité cette contrée à une époque relativement récente. Les grandes coulées de lave basaltique qui forment maintenant les hautes falaises de son rivage oriental, sillonnées encore, pour la plupart, de sources chaudes et de dégagements gazeux, en témoignent. Il est vraisemblable de penser que ces sources minérales, qui jaillissent sur les bords, se manifestent aussi dans le fond du bassin.

En plus de cette grande salure et de cette richesse en brome qui font de la mer Morte un *point singulier* à la surface du globe, cette nappe d'eau est encore le siège d'un phénomène qui vient aussi fournir une preuve éclatante à l'attribution que nous venons de faire de ce vaste bassin à une salse.

« Ce lac, raconte Strabon [1], est rempli d'asphalte qui, à des époques irrégulières, jaillit au milieu du lac. Des bulles viennent crever à la surface de l'eau, qui semble bouillir; la masse de l'asphalte retombe au-dessus de l'eau et présente l'image d'une colline. Il s'élève en même temps beaucoup de vapeurs fuligineuses qui, bien qu'invisibles, rouillent le cuivre et l'argent, et ternissent en général l'éclat de tout métal poli. Les habitants jugent que l'asphalte va monter à la surface lorsque les ustensiles de métal commencent à se rouiller. Ils se préparent alors à le recueillir au moyen de radeaux formés d'un assemblage de joncs. »

Strabon attribue ensuite à ces éruptions de bitume, qui n'ont pas d'époques fixes, une origine dépendant des feux souterrains dont le rôle important, bien que mal compris peut-être par les anciens, ne leur avait pas échappé.

---

(1) Louis Lartet.

(2) Strabon, lib. XVI, cap. II.

« Cette contrée, ajoute-t-il plus loin, est travaillée par le feu; on en donne pour preuves certaines roches durcies et calcinées vers Moasada, les crevasses, une terre semblable à de la cendre, des *rochers qui distillent de la poix*, des *rivières bouillantes dont l'odeur fétide* se fait sentir au loin.... Des *tremblements de terre*, des *éruptions d'eaux chaudes bitumineuses et sulfureuses* auraient fait sortir le lac de ses limites, des rochers se seraient *couverts de flammes*, et c'est alors que treize villes auraient été englouties ou abandonnées de tous ceux qui purent fuir. »

La description de Strabon indique que cette salse a dû passer par des paroxysmes qui ne se reproduisent fort heureusement plus actuellement. Aujourd'hui, à diverses reprises, des masses considérables de bitume viennent encore flotter à la surface du lac, qui les rejette sur ses bords; leurs débris ([1]), très répandus sur les plages du rivage occidental, sont recueillis par les Arabes. Son origine interne n'est pas douteuse, et il en est de même pour nombreuses sources de bitume qui s'alignent sur le rivage occidental du lac ([2]).

([1]) C'est à cette circonstance que la mer Morte doit son nom bien justifié de lac Asphaltique; la densité de cet asphalte, dur et cassant, étant de 1,140, lui permet de flotter sur une eau dont la densité moyenne est, comme nous l'avons dit précédemment, de 1,162 à la surface.

([2]) Ces gîtes sont alignés d'une façon remarquable le long de la ligne de dislocation du bassin. Le plus méridional est celui de waddy Mahawat, près du jebel Usdom, où l'on voit le bitume découler des calcaires asphaltiques sous forme de stalactites noires, et transformer, dans son voisinage, les alluvions anciennes en poudingues bitumineux (voyez *fig.* 16, p. 205); puis vient celui de waddy Sebbeh, près de Masada, où l'asphalte dur et brillant remplit les cavités de calcaire dolomitique; au nord de ce deuxième gisement, au Ras-Mersed, où se dégagent de la mer de fortes émanations d'hydrogène sulfuré, il existe également des traces d'infiltrations bitumineuses, et, à l'entrée d'une grotte voisine de ce point et que doivent envahir les hautes eaux, nous avons vu un tuf salin fortement imprégné de matières bitumineuses qui semblent indiquer le voisinage d'une source sous-marine bitumineuse; enfin, au nord-est de la mer Morte, se trouve le grand amas lenticulaire de calcaire asphaltique de Nebi-Musa, et nous croyons avoir observé les mêmes roches dans le voisinage d'Aïn Feschkah, sur les bords de la mer Morte. Sur le prolongement de cet alignement se trouvent, près de Tibériade, des sources chaudes qui, d'après M. Hebard, émergeraient au milieu d'un calcaire bitumineux et renfermant du brome ainsi qu'une matière organique. Sur la même direction se trouvent les calcaires asphaltiques de l'Anti-Liban, dont nous avons déjà parlé, au milieu desquels on a autrefois cherché l'asphalte au moyen d'une vingtaine de puits, à Bir el Hamman, près de Hasbeya. (LOUIS LARTET, *loc. cit.*, p. 420.)

(*La suite prochainement.*)

Résumé des Observations météorologiques du Bureau central en novembre 1883;

Par M. FRON.

Le mois de novembre 1883 est pluvieux, il présente une pression barométrique moyenne en excès de $0^{mm},4$ et une température en excès de $0^{\circ},6$ sur les normales correspondantes.

A l'Observatoire de Paris (Saint-Maur), la température moyenne, $6^{\circ},32$, est supérieure de $0^{\circ},6$ à la normale. Le thermomètre varie depuis un minimum de $-2^{\circ},1$ (le 14) jusqu'à un maximum de $16^{\circ},0$ (le 6). Les moyennes sont $3^{\circ},75$ pour les minima et $9^{\circ},72$ pour les maxima.

La pression atmosphérique est basse vers le 6 et les 25 et 26. Elle varie depuis un minimum de 739^{mm} (le 6) jusqu'à un maximum de 771^{mm} (le 28). La moyenne est de $767^{mm},21$, en excès de $0^{mm},4$ sur la normale.

L'humidité relative moyenne des 24 heures est 88. Elle descend à 54 (le 18) et la saturation a lieu 13 jours. Il est tombé $60^{mm},2$ d'eau en 21 jours, contenant 80 heures de pluie. Il y a eu 5 jours de petites gelées, et 6 de gelée blanche.

A l'Observatoire de Bordeaux-Floirac, les moyennes sont $6^{\circ},8$ pour les minima et $13^{\circ},8$ pour les maxima. Il gèle le 15. On a recueilli $86^{mm},5$ d'eau. A Avignon, les moyennes correspondantes sont $5^{\circ},1$ pour les minima et $14^{\circ},9$ pour les maxima. Il est tombé seulement 10^{mm} d'eau. Sur le plateau de Langres, à Marac, la moyenne des minima a été de 2°, celle des maxima de 8°. Il y a eu 11 jours de gelée, et l'on a recueilli 116^{mm} de pluie.

A la fin de ce mois, particulièrement les 26 et 27 novembre, une immense lueur rouge illuminait le ciel du côté du couchant, de 4^{h} à 6^{h} environ. Le phénomène a été signalé dans toute la France, des rivages de la Manche à ceux de la Méditerranée. Il n'a pas été particulier à nos contrées; on l'a constaté en Prusse, en Suède, en Norvège, en Italie, en Angleterre. M. Bozward l'a observé à Worcester pendant tout le mois; il était magnifique le 29. Il paraît même avoir été vu en Egypte et jusqu'au cap de Bonne-Espérance, et semblerait alors dû à des poussières d'origine cosmique ou terrestre, répandues à une grande hauteur dans l'atmosphère. Ce qui semble confirmer cette opinion, c'est qu'une étude spectroscopique de cette lumière, faite par M. Donnally, n'a pas donné les bandes de pluie signalées par Smith, mais à sa place une bande d'absorption allant de la raie D à la partie la moins réfrangible du spectre.

Au point de vue de la circulation générale, le mois de novembre présente deux périodes principales de vents des régions Ouest, séparées par des périodes de vents d'Est ou du Sud.

Le Gérant : E. Cottin.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE.

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

27 JANVIER 1884. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 200.

CONFÉRENCE DU 2 FÉVRIER,

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

PRÉSIDENT : M. **Lavallée,** membre du Conseil d'administration de l'Association, Président de la Société d'Horticulture.

M. **Amédée Bouquet de la Grye,** Conservateur des forêts, traitera le sujet suivant : *Reboisement des montagnes.*

L'anesthésie par la méthode des mélanges tirés de vapeurs et d'air; son application à l'homme pour les vapeurs de chloroforme;

Note présentée à l'Académie des Sciences par M. PAUL BERT.

Les expériences dont j'ai eu l'honneur d'entretenir à plusieurs reprises l'Académie ont montré que l'état anesthésique produit par les gaz protoxyde d'azote et chlorure de méthyle, ou par les vapeurs de chloroforme, d'éther, d'amylène, de bromure d'éthyle, dépend beaucoup moins de la quantité du médicament employé que de la proportion suivant laquelle il se trouve mélangé à l'air inspiré.

Sans doute, il est nécessaire qu'un certain poids de la substance soit absorbé pour que le sang et les tissus en soient suffisamment chargés et que l'effet recherché soit produit; mais on peut ensuite entretenir cet état d'insensibilité juste au degré obtenu, par l'emploi de très faibles quantités convenablement diluées dans l'air.

Il en résulte qu'avec 30gr de vapeurs de chloroforme, par exemple, on peut tuer en quelques minutes un chien, si elles ne sont mélangées qu'à 100lit d'air; tandis qu'une dose trois fois plus forte entretiendra pendant deux heures une anesthésie profonde et sans péril, si elle est diluée dans 1mc d'air.

Ce n'est donc pas en mesurant ou en pesant la quantité du

médicament anesthésique qu'ils emploient, que les chirurgiens peuvent apprécier son effet utile et se préserver de ses inconvénients ou même de ses dangers, mais en connaissant l'état de dilution dans lequel se trouvent ses vapeurs dans l'air inspiré, autrement dit la tension de ces vapeurs.

L'agent anesthésique idéal serait un liquide qui, à la température moyenne des salles d'opérations, émettrait des vapeurs ayant juste la tension nécessaire pour produire l'anesthésie. Il suffirait de respirer l'air qui se serait saturé en traversant ce liquide pour obtenir l'insensibilité sans courir aucun risque.

Mais la Chimie ne nous a pas encore fourni un tel corps. Et les liquides anesthésiques connus émettant des vapeurs d'une tension beaucoup plus forte, trois méthodes se présentent pour diminuer cette tension : l'abaissement de la température, le mélange avec des liquides neutres, la dilution des vapeurs dans une quantité déterminée d'air.

Les deux premières méthodes m'ont donné déjà des résultats assez intéressants, sur lesquels j'aurai l'honneur d'appeler, un jour, l'attention de l'Académie. Mais c'est de la troisième que je veux l'entretenir aujourd'hui.

C'est elle qu'emploient les chirurgiens lorsqu'ils insensibilisent leurs malades, soit à l'aide d'appareils plus ou moins compliqués, soit à l'aide de la simple compresse imbibée du liquide anesthésique. Ces procédés permettent bien de mesurer la quantité du médicament employé, élément auquel les praticiens attribuent une importance tout à fait exagérée, mais ils ne peuvent en aucune façon doser ni régler la tension des vapeurs.

Il en résulte que chaque chirurgien modifie les détails des procédés anesthésiques suivant les résultats de son observation, ou même suivant des idées théoriques préconçues. Je parle ici tout spécialement du chloroforme, le seul anesthésique que j'aie vu employer un très grand nombre de fois.

Les uns débutent par des doses massives et foudroient, comme ils disent, le malade, afin d'éviter, ou tout au moins d'abréger, ce qu'on a appelé la période d'excitation. D'autres commencent avec précaution, versant goutte à goutte sur la compresse le liquide anesthésique. D'autres suivent une pratique intermédiaire.

Il en est qui procèdent par intermittences, laissant, suivant une règle plus ou moins précise, le malade respirer de temps en temps à l'air libre. D'autres maintiennent avec soin une anesthésie continue. Le plus grand nombre suspendent les inhalations de chloroforme quand l'insensibilité est complète, pour reprendre aussitôt que le malade commence à se réveiller.

Ces procédés, lorsqu'on les regarde de près, reviennent à faire respirer aux malades les vapeurs de chloroforme à des tensions tantôt dangereuses et qui seraient bientôt mortelles, tantôt simplement anesthésiques, tantôt insuffisantes. De là une irrégularité très grande dans les résultats, même pour la pratique d'un seul chirurgien, et des différences très remarquables quand on compare ce qu'obtiennent les divers chirurgiens.

Souvent la scène s'ouvre par des manifestations de résistance de la part du malade, qui, après quelques inspirations, s'efforce d'expulser les vapeurs qui irritent ses muqueuses buccale, nasale et laryngée, suspend ses respirations, secoue la tête et essaye d'écarter la compresse avec ses mains, qu'il faut déjà contenir.

A cette période de *répulsion* succède la période d'*excitation*, avec laquelle on la confond d'ordinaire. Celle-ci, qui est simplement, comme je l'ai démontré dès 1866 (voir *Comptes rendus*, séance du 18 mai 1867), le résultat de rêves, de délires provoqués par la perversion des sensations musculaires, cutanées et sensorielles proprement dites, affecte les formes les plus diverses et se présente avec une intensité fort variable. Très faible en général chez les enfants et beaucoup de femmes, elle amène parfois chez les hommes, et surtout chez les alcooliques, une véritable lutte entre les aides et le malade. La face de celui-ci se congestionne, il parle ou même crie, se contorsionne et résiste violemment. Enfin, vaincu, il retombe sur le lit; l'insensibilité et la résolution musculaire apparaissent, et le chirurgien commence.

Quand l'opération est terminée, le patient, qui respire alors à l'air libre, a très souvent une prostration, des malaises, des nausées, des vomissements, avec un aspect spécial qui rappelle l'ivresse alcoolique à son plus haut degré; on voit même les vomissements survenir plus tôt et gêner singulièrement le chirurgien, surtout lorsqu'il s'agit d'opérations sur l'abdomen. Ils persistent quelquefois pendant des heures et même des jours.

Pendant toute la durée de l'emploi du chloroforme, le chirurgien fait surveiller prudemment la respiration et le pouls. Fréquemment on l'entend s'informer de l'état du patient; il confie à un aide expérimenté le soin de l'observer; il s'en préoccupe toujours, je puis même dire il s'en inquiète, et cette inquiétude devient souvent, surtout chez les opérateurs peu exercés, une véritable anxiété. C'est que, si les accidents mortels sont extrêmement rares, surtout entre les mains si habiles de nos chirurgiens des hôpitaux, il n'est pas rare, au contraire, de voir les malades donner des inquiétudes, les uns par la congestion ou par la pâleur de la face, d'autres par des

irrégularités du cœur ou de la respiration. On écarte alors la compresse, et si tout ne rentre pas dans l'ordre, on abaisse la tête, on flagelle la face, on pratique des pressions sur le thorax. Alors le malade reprend un aspect normal, et souvent même la sensibilité revient : on la fait disparaître en rapprochant la compresse.

J'ai tenu à reproduire avec quelques détails les effets de la chloroformisation par les procédés ordinaires, parce que ceux de la méthode des mélanges titrés forment avec eux un contraste frappant, et sont bien autrement satisfaisants.

J'ai pu, jusqu'à ce jour, grâce au bon vouloir et à l'esprit d'initiative de M. le Dr Péan, l'appliquer chez l'homme dans vingt-deux cas. La condition des patients a été des plus variées : enfants (depuis l'âge de dix-sept mois), adolescents, adultes et vieillards des deux sexes ; alcooliques plus ou moins avancés, malades vigoureux ou anémiques, ou extrêmement nerveux, ou épuisés par une longue suppuration. Les opérations ont été toutes assez sérieuses : extirpations de tumeurs, amputations de membres, ablations des maxillaires, ovariotomie. Leur durée a naturellement été très variable ; sauf l'ovariotomie, qui a duré cinq quarts d'heure, la plus longue a nécessité une respiration du mélange pendant trente-sept minutes.

Malgré de si grandes différences dans les conditions des expériences, elles ont toutes donné des résultats si semblables, je dirais presque si identiques, qu'il est permis de les confondre toutes dans une description commune et de les résumer dans un petit nombre de propositions :

I. Le mélange employé a toujours été de 8gr de chloroforme vaporisés dans 100lit d'air. Quand on l'abaisse à 7, le sommeil est moins profond. Il m'a paru absolument inutile d'essayer une dose supérieure.

II. Ce mélange n'est que désagréable à respirer ; quelques malades même le trouvent *bon*.

Il en résulte que la phase de *répulsion* est complètement supprimée : point de toux, de suffocation, d'arrêts respiratoires.

III. La phase d'*excitation* est toujours très médiocre et très courte. Même chez les alcooliques, elle n'a jamais amené de lutte ; un seul aide suffisait aisément pour maintenir les bras ; elle n'a duré au plus que deux ou trois minutes. Chez les autres personnes elle est très faible et ne dépasse pas une ou deux minutes ; et même dans plus d'un tiers des cas, chez des adultes, elle n'a pas existé, le malade étant arrivé sans aucun mouvement à l'anesthésie et à la résolution musculaire.

IV. L'insensibilité complète est produite en six ou huit minutes au plus. Elle se maintient très régulière pendant toute la durée de la respiration du mélange anesthésique.

Le pouls, qui s'est un peu accéléré généralement au moment de la période d'excitation, redevient tout à fait calme et régulier pendant le sommeil. La section de la peau ou des troncs nerveux, le sciage des os, en un mot les temps les plus douloureux des opérations, ne réagissent pas sur lui.

La respiration se comporte comme la circulation. Les adultes ronflent quelquefois, mais comme ils le font dans le sommeil normal. Les excitations douloureuses accélèrent légèrement les mouvements respiratoires.

La pupille se contracte au moment de l'anesthésie, et l'œil se retourne en dehors et en haut; cependant deux ou trois fois cette contraction n'a pas été sensible; au réveil, la pupille se dilate. La sensibilité de la cornée disparaît bien après et reparaît bien avant celle de la conjonctive.

Il n'y a jamais eu, pendant l'anesthésie, de nausées ni de vomissements. La salivation est très faible.

La température n'est pas sensiblement modifiée. Après trente-sept minutes d'anesthésie, elle s'était abaissée de moins d'un demi-degré. A la fin de l'ovariotomie, qui avait duré cinq quarts d'heure, elle s'était abaissée d'un degré et demi (résultat bien différent de ce que j'avais observé sur les chiens, où la température s'abaisse rapidement).

En un mot, à aucun moment de l'anesthésie, le chirurgien n'éprouve aucune inquiétude sur l'état du malade, qui dort et respire avec le plus grand calme.

V. Lorsque l'embouchure par laquelle arrive le mélange anesthésique est enlevée, on observe *toujours* une prolongation considérable de l'état d'insensibilité. Cette prolongation paraît être en rapport avec le temps pendant lequel on a fait respirer le mélange; on comprend qu'il faudra de très nombreuses observations pour permettre d'établir une loi.

Cette *anesthésie consécutive* a permis d'exécuter, sans que les malades souffrissent, des opérations sur la face, dont quelques-unes (deux résections du maxillaire inférieur, une résection des deux maxillaires supérieurs) ont été longues et pénibles. Chez un malade extrêmement anémié et épuisé, auquel on devait amputer la jambe dans des conditions assez difficiles, j'ai enlevé l'embouchure après la section de la peau. L'insensibilité a persisté pendant tout le temps de l'opération, la ligature des artères et le pansement définitif, c'est-à-dire pendant vingt-deux minutes. A la dix-huitième minute, le malade ouvrit les yeux et put répondre à nos questions.

Replacés sur le brancard et reportés dans leur lit, les malades continuent à dormir pendant un temps variable. Quatre fois seulement sur vingt-deux, il y eut des nausées légères qui amenèrent deux fois un faible vomissement; l'ovariotomisée n'a pas vomi. Le réveil est fort calme; les malades n'accusent

ni malaises ni maux de tête; quelques-uns même semblent joyeusement excités.

VI. Les vapeurs que respire le malade étant très diluées, leur proportion dans l'air ambiant devient extrêmement faible, et l'odeur de chloroforme ne peut arriver à gêner l'opérateur et les assistants.

Enfin la dépense en chloroforme est ainsi réduite à son minimum. Elle est de moins d'un gramme par minute. Pendant l'ovariotomie on n'en a usé que 45gr en une heure un quart.

VII. L'appareil imaginé et construit par M. le Dr Saint-Martin, que j'ai mis en usage dans ces essais, comme dans mes dernières expériences sur les animaux, est simple, peu encombrant, assez commode à manier et d'un prix modéré.

Il consiste en deux gazomètres cylindriques à réservoir annulaire, de 150lit chacun, dont, par le jeu de contre-poids, l'un se remplit pendant que le malade épuise l'autre. L'air, en entrant dans le gazomètre, traverse un petit flacon contenant la dose voulue de chloroforme et la réduit en vapeur. La respiration se fait à l'aide d'une embouchure de caoutchouc à deux soupapes, semblables à celles dont se servent les dentistes.

Dans les opérations sur la bouche, si l'anesthésie consécutive n'est pas suffisante, il est très facile, l'embouchure enlevée, de porter le tuyau de caoutchouc jusque dans l'arrière-bouche, et de faire ainsi respirer le patient dans l'atmosphère anesthésique que pousse le gazomètre.

Du reste, cet appareil pourra être simplifié, amélioré et réduit dans ses dimensions. Des constructeurs en ont même imaginé d'autres basés sur des principes tout à fait différents. C'est un détail technique à préciser.

VIII. Revenant maintenant aux résultats de la méthode des mélanges titrés, je les résumerai dans les termes suivants :

Pas de période répulsive. Période de délire toujours faible, même chez les alcooliques; quelquefois nulle, même chez les adultes. Insensibilité absolue et régulière, obtenue en six ou huit minutes. Sommeil calme, respiration, circulation, température normales; pas de nausées; aspect normal et tout à fait tranquillisant du malade qui dort. *Anesthésie consécutive* constante et toujours très prolongée; réveil calme, bien-être consécutif, rarement quelques nausées très faibles. Notable économie sur la dépense en chloroforme [1].

---

(1) Je suis heureux de remercier ici M. le Dr Dubois, dont l'aide assidue et intelligente m'a été des plus utiles pendant ces longues et nombreuses expériences.

Notice sur les grandes famines.

M. Faye vient de publier, dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1884, une série d'articles très intéressants sur les *Grands fléaux de la nature*, et nous nous empressons de placer sous les yeux des lecteurs de notre *Bulletin hebdomadaire* la première de ces Notices, qui est relative aux grandes famines et à leurs causes :

« La première famine dont il soit fait mention dans l'histoire est celle de l'Égypte, sous le ministère de Joseph. Tout le monde sait comment ce grand homme sauva l'Égypte par l'institution des greniers d'abondance, institution qui a été imitée en divers pays, en France par exemple, au commencement de ce siècle, et à Naples, sous le règne de Charles III, au milieu du siècle dernier.

» Si l'on veut expliquer par des voies naturelles ce grand événement qui a changé l'état social de l'Égypte en transportant aux Pharaons, puis aux Rois, puis aux Mamelouks et finalement aux Khédives la propriété de presque toutes les terres, on visera d'abord la situation exceptionnelle de ce pays au point de vue météorologique. Tout y est subordonné, non pas aux pluies locales, il n'y en a pas, mais à celles qui tombent bien loin de là dans les régions équatoriales où le Nil prend sa source, sans plus recevoir d'affluents à partir du 17e degré de latitude. Ces pluies déterminent l'inondation du sol égyptien, condition unique, mais indispensable de toute récolte. A l'époque de Joseph, et des milliers d'années avant lui, l'Égypte était décimée par la famine chaque fois que le Nil ne montait pas assez haut pour arroser les terres et les couvrir de son limon fécondant. Sans doute les pays voisins, les côtes de la Phénicie, de l'Asie Mineure, de la Grèce, de la Sicile, de l'Afrique septentrionale, arrosés par des pluies locales, échappaient au fléau ; ils auraient pu, le plus souvent, subvenir aux besoins de l'Égypte. Mais, dans ces temps-là, il n'y avait pas de commerce maritime et l'Égypte, bloquée de deux côtés par des déserts, ne devait compter que sur ses seules ressources sagement ménagées. Il n'y avait de salut que dans les greniers d'abondance de Joseph. Plus tard, le commerce maritime mit l'Égypte à l'abri. Dans les années d'abondance elle s'enrichissait en exportant ses grains; dans les années d'inondation insuffisante, elle était en état d'acheter des grains au dehors et de les faire convoyer jusqu'au port d'Alexandrie. Grâce à la récente découverte du Décret de Canope par un ingénieur français qui dirigeait les fouilles du canal de Suez, on est en état de faire remonter au IIIe siècle avant notre ère le début de cette ère de compensation indirecte, mais immanquable,

entre les récoltes de pays différents. Ce curieux décret, dont M. Miller a publié dernièrement la traduction (*Journal des Savants*, avril 1883), débute ainsi :

« Attendu que le roi Ptolémée Évergète et la reine Bérénice » procurent à tous les Égyptiens une bonne administration; » qu'une fois la crue du fleuve ayant été trop faible, sujet » d'effroi pour tous les habitants qui se rappelaient les cata- » strophes survenues sous plusieurs des rois précédents, ils » ont montré la plus grande sollicitude en faisant apporter à » grands frais de Syrie, de Phénicie, de Chypre et de beaucoup » d'autres endroits du blé dans le pays; attendu qu'ils ont » ainsi sauvé les habitants de l'Égypte, en récompense de » quoi les Dieux leur ont accordé l'affermissement de leur » royauté, etc. »

» Quant à l'Égypte actuelle, les ingénieurs français ont créé le barrage du Nil pour parer autant que possible aux inondations insuffisantes. Dans un avenir peu éloigné, lorsqu'on aura établi des postes d'observation en Abyssinie et au delà, sur le cours du Nil et de ses affluents, reliés au Caire par une ligne télégraphique, les Égyptiens sauront, quelques mois d'avance et à quelques décimètres près, la hauteur à laquelle le Nil parviendra à chaque inondation, de même qu'en France les postes hydrométriques nous signalent d'avance les crues des principales rivières, la Seine, la Loire, la Saône, le Rhône, etc., avec une surprenante précision.

» Les choses se passent autrement dans les autres pays. Là, les famines dépendent de la pluie qui tombe ou plutôt ne tombe pas sur le sol même. La sécheresse peut parfois durer plusieurs années dans la même contrée. Le plus ancien phénomène de ce genre que rapporte l'histoire ne manque pas d'un certain intérêt scientifique.

» Il s'agit de la famine qui sévit deux ou trois ans sur la Palestine du temps d'Achab, neuf siècles avant J.-C. Vous vous rappelez cette touchante histoire de la veuve de Sarepta à qui le prophète Élie demande un morceau de pain : « Dieu » m'est témoin, dit-elle, qu'il ne me reste plus qu'une poi- » gnée de farine au fond de cette cruche. J'en vais faire un » petit gâteau pour moi et mon fils, nous le mangerons et » après nous mourrons. » Pendant ce temps le roi d'Israël et son maître d'hôtel s'étaient mis en quête d'un peu d'herbe, allant chacun de son côté, pour avoir plus de chance d'en trouver. Heureusement Élie vint annoncer au roi la fin de la sécheresse.

» En dehors du surnaturel qui plane sur toute cette histoire, il est impossible de ne pas reconnaître dans Élie, non pas seulement le voyant au sens divin, mais aussi le voyant au sens scientifique. L'homme à l'habit de poil de bête et à la ceinture

de cuir, dont les puissants du jour redoutaient la venue, avait passé une bonne partie de sa vie dans les déserts, fuyant la persécution. C'était un contemplateur familiarisé de longue main avec les grands spectacles de la nature. Il savait bien que, si la sécheresse devait prendre fin, la période des pluies serait ouverte par une bourrasque, un typhon, apparaissant tout à coup dans le ciel serein.

» Le ciel était serein, en effet, le jour où Élie avait réuni tout Israël sur les hauteurs du Carmel; Élie envoya son serviteur au haut de la montagne et lui dit : « Regarde l'horizon de la mer, » et viens me dire ce que tu y verras. » Bientôt le serviteur vint annoncer à l'homme de Dieu qu'un nuage, grand comme la paume de la main, montait de la mer. Cela suffisait. Élie lui dit : « Va prévenir le roi, qu'il fasse atteler son char et qu'il » parte de peur que la pluie ne le surprenne. » Et, en effet, au bout de quelque temps, ce petit nuage montant de l'ouest au-dessus de la mer avait grandi et couvert le ciel entier; alors les vents soufflèrent avec violence et la pluie tomba. La période des pluies fécondantes commençait; la Palestine était sauvée.

» Il y a peu d'années, toute la région chinoise située au nord du fleuve Bleu était en proie à une sécheresse et à une famine effroyables. Au sud, des pluies diluviennes et les désastres de l'inondation. Dans ces pays comme aux Indes anglaises, l'homme est monophage; il se nourrit exclusivement de riz. Si la pluie manque, le riz qui a tant besoin d'eau ne donne pas; la famine se déclare et rien, dans ces pays dépourvus de relations extérieures, ne vient au secours des populations décimées. Que dis-je décimées! C'est exterminées, c'est par millions de malheureux mourant de faim qu'il faut compter les victimes des famines chinoises. Il y a un observatoire européen à Zikawei, dirigé par des missionnaires. On y notait avec effroi les progrès du désastre. Enfin vint un premier typhon qui mit fin à la sécheresse. Il était grand temps qu'elle finît.

» Ces faits dépendent évidemment d'une loi générale. Si l'on veut bien se reporter aux théories météorologiques que j'ai exposées dans cet *Annuaire*, en 1875, 1877, 1878, on verra que cette loi peut être formulée comme il suit. Les périodes de sécheresses dépendent des courants supérieurs de l'atmosphère : elles se produisent lorsque ces courants sont dépourvus de cirrhus; elles cessent lorsque des mouvements gyratoires descendants s'y engendrent et entraînent avec eux des cirrhus dans les couches inférieures de l'atmosphère. Alors surviennent les bourrasques, les tempêtes et leurs averses fécondantes. Il reste à rechercher pourquoi les cirrhus manquent ici ou là, comment il se fait que les courants supérieurs de l'atmosphère ne coulent pas toujours dans les mêmes lits. Ces grands problèmes sont du ressort de la Météorologie équato-

riale, plutôt que de celle des pôles : aussi ai-je toujours pensé que c'est de la première qu'il faut s'occuper, tandis que l'étude à la fois si cruellement pénible et si dangereuse des stations situées au delà des cercles polaires ne peut servir la Science que d'une manière bien indirecte.

» Depuis Joseph et le prophète Élie, personne ne s'était hasardé à prédire les famines. Cependant, Sir W. Herschel ayant cru trouver une correspondance entre les variations du prix des grains, en Angleterre, et la fréquence des taches du Soleil, plusieurs savants s'imaginèrent que les astres eux-mêmes nous donnaient à ce sujet des avertissements ou des présages. Dans ces derniers temps, un savant hindou, Rao Bahadour Kero Lakshman Chaatre, professeur au Dekkan-College, annonça pour 1880 une disette aux Indes anglaises.

» D'après lui, les taches du Soleil sont en relation directe avec les pluies. Plus il y a de taches au Soleil, plus il pleut aux Indes; les taches viennent-elles à manquer, ce qui arrive tous les onze ans, plus ou moins, la sécheresse survient et avec elle la famine. Or l'année 1879 coïncide avec un minimum des taches : donc 1880 sera une année de famine.

» Il y en a souvent aux Indes. La domination anglaise n'a pas encore épargné ce fléau à ce malheureux pays. Elle n'a pu faire que les Hindous ne se nourrissent pas exclusivement de riz, en sorte que, si la récolte de ce grain, dont la culture ne supporte pas la sécheresse, vient à manquer, il n'y ait plus rien à manger.

» Mais ce n'est pas seulement l'Hindou qui pâtit : des savants d'outre-Manche ont affirmé que, par contre-coup, les taches du Soleil règlent aussi les faillites sur la place de Londres. On a compté, par exemple, qu'en 1870, époque d'un maximum de taches, il n'y avait eu que huit à dix mille faillites en Angleterre, tandis qu'en 1867, époque d'un minimum, leur nombre s'était élevé à 16000. Et voici comment on a tâché d'expliquer cette singulière coïncidence :

» Beaucoup de taches produisent beaucoup de chaleur et par suite des pluies abondantes. Les pluies abondantes donnent beaucoup de riz.

» Beaucoup de riz procure beaucoup de bien-être aux Hindous.

» Beaucoup de bien-être aux Indes provoque beaucoup de commandes pour les cotonnades anglaises.

» Beaucoup de commandes empêchent les faillites.

» Donc il doit se produire peu de faillites en Angleterre aux époques des maxima des taches, et beaucoup de faillites aux époques des minima.

» Nous ne contesterons pas que le malaise des Indes ne réagisse sur la tenue de la place de Londres. Mais la question

est de savoir si les prémisses de ce singulier syllogisme sont vraies. Beaucoup de taches produisent-elles beaucoup de chaleur et par suite beaucoup de pluies?

» Les Hollandais qui, par leurs possessions en Asie, ne sont pas moins intéressés que les Anglais dans ces questions, ont pris la peine de discuter sérieusement les assertions qui précèdent. Je n'ai qu'à consigner ici leurs résultats.

» Sur le premier point, l'Observatoire de Batavia est merveilleusement placé pour nous renseigner; car, sauf les pluies, le climat des Indes néerlandaises est d'une régularité remarquable. Or voici la température moyenne de l'année observée, dans l'île de Java, pendant le cours d'une période des taches solaires :

Années.	Température moyenne.	Années.	Température moyenne.
	o		o
1866.........	25,9	1871 (²).....	25,7
1867 (¹)......	25,8	1872........	25,8
1868.........	26,2	1873........	25,9
1869.........	26,0	1874........	25,6
1870.........	25,7	1875........	25,9

» Si donc les taches avaient produit quelque effet, elles auraient, non pas élevé, mais abaissé la température d'un dixième de degré.

» Beaucoup de taches produisent-elles du moins beaucoup de pluie?

» Ce serait alors par quelque action mystérieuse, indépendante de la température générale. De fait, les quantités de pluies annuelles varient beaucoup; elles ne sont donc pas réglées par la moyenne température annuelle qui ne varie presque pas dans ces climats. Pour trancher la question, adoptons les données fournies par l'auteur lui-même, le savant pandit Lakshman Chaatre, et prenons au hasard les observations de la pluie faites à Madras pendant cinquante ans, de 1826 à 1876. Nous trouvons pour les hauteurs de pluie (en pouces anglais) :

	Époques des maxima des taches solaires.		Époques des minima des taches solaires.
	po		po
1830.........	59,0	1833........	49,3
1837.........	58,3	1843........	81,0
1848.........	72,7	1856........	27,6
1860.........	47,2	1864........	41,4
1867.........	56,4	1870........	62,9

» Ainsi, il y a des époques où les taches ont beau disparaître, il tombe plus de pluie qu'à des époques de maximum.

(¹) Maximum des taches.

(²) Minimum des taches.

Quant aux autres années, on en trouve de 24po, de 21po, de 18po même, bien qu'elles ne répondent pas aux minima; de même, on en trouve où il pleut 66po, 74po et même 80po, bien qu'elles ne répondent pas aux maxima des taches. L'histoire de ces tentatives serait trop longue à faire ici ([1]) : la conclusion finale est qu'il n'y a pas de relation entre ces deux ordres de phénomènes, et qu'il serait puéril de vouloir prédire les inondations, les sécheresses ou les famines au moyen des taches du Soleil.

» C'est une manière assez commode, au reste, de faire de la Science que de procéder par la recherche de caractères périodiques *par à peu près*.

» Si l'on parvient à grouper les éléments de la Statistique d'un phénomène particulier, de manière à rendre plausible une période de dix à douze ans, *plus ou moins*, on annonce qu'il a sa cause dans les taches du Soleil ou dans l'influence cosmique de Jupiter, et tout est déterminé. Ne vaut-il pas mieux étudier le phénomène en lui-même que de procéder par de pareilles hypothèses ?

» En considérant ainsi celui qui nous occupe, nous avons vu qu'il dépend des grands courants supérieurs par lesquels l'air des hautes régions, sous l'influence de la chaleur solaire, se déverse vers l'un et l'autre pôle. La cause première de ces mouvements est si générale et si simple, la rotation de notre globe qui intervient dans la direction de ces courants et la distribution des continents et des mers sont si invariables, si constantes, que l'on est amené à croire qu'au milieu des variations fréquentes de ces phénomènes il doit se produire, pour le globe entier et d'une année à l'autre, de véritables compensations.

» Lorsque la pluie manque sur une portion de continent, elle ne manquera pas en même temps sur le continent tout entier; en tout cas, elle ne saurait manquer sur tout un hémisphère. Par suite, si les récoltes font défaut dans un pays, elles seront abondantes dans d'autres régions plus ou moins éloignées. Or aujourd'hui le commerce et la navigation sont en état de porter le superflu des régions favorisées dans celles qui le sont moins. Le fléau des famines a donc disparu des pays civilisés; on ne le rencontre plus que dans ces vastes amas de populations monophages de l'Inde et de la Chine qui s'isolent du reste du monde, ou dans certaines parties compactes de l'Amérique du Sud privées de voies de communication. Les progrès de la civilisation finiront par l'abolir tout à fait, bien que le phénomène physique qui le cause soit hors de notre portée. »

([1]) *Voir* la Notice de l'*Annuaire de* 1880.

Astéroïdes et comètes de 1883.

Note de M. NIESTEN, de l'Observatoire de Bruxelles.

Astéroïdes.

Pendant l'année 1883, quatre nouveaux astéroïdes ont été découverts; c'est donc à 235 que se monte, à ce jour (10 décembre), le nombre des petites planètes connues qui circulent autour du Soleil entre les orbites de Mars et de Jupiter.

Les petites planètes 223 à 230 et 231, découvertes l'année dernière, ont reçu respectivement les noms de *Rosa*, *Oceana*, *Henrietta*, *Weringia*, *Philosophia*, *Agathe*, *Adelinda*, *Athamantis* et *Vindobona*.

232e *astéroïde, Russia*. — M. J. Palisa a découvert cette petite planète à Vienne, le 31 janvier. Elle était de 12e grandeur. A $11^h 41^m 43^s$, t. m. de Vienne, sa position était

$$\alpha = 10^h 5^m 39^s, \quad \delta = -9^\circ 42' 30''.$$

Cet astéroïde a été observé ensuite à Rome, Palerme, Dresde et Paris.

233e *astéroïde*. — Cette petite planète a été découverte à Marseille par M. Borrelly. Elle était de 11e grandeur et occupait à $9^h 37^m 0^s$, t. m. de Marseille, la position

$$\alpha = 14^h 19^m 36^s, \quad \delta = -14^\circ 0'.$$

Elle a été observée ensuite à Paris, à Dresde et à Palerme.

234e *astéroïde, Barbara*. — Le professeur Peters a découvert ce nouvel astéroïde à Clinton, le 12 août. Ce jour, à $18^h 51^m 0^s$, t. m. de Greenwich, la position de l'astre était

$$\alpha = 21^h 20^m 50^s, \quad \delta = -12^\circ 29' 8''.$$

Son éclat était celui d'une étoile de 9e grandeur. On a suivi la marche de cette petite planète dans les Observatoires de Dusseldorf, de Paris, de Rome, de Berlin, de Dresde et de Marseille.

235e *astéroïde, Carolina*. — Cette petite planète a été découverte par M. Palisa, de Vienne, le 28 novembre. Elle était de 12e grandeur. Ses coordonnées étaient, le 28 novembre, à $14^h 27^m 7^s$, t. m. de Vienne :

$$\alpha = 49^\circ 48' 39, \quad DP = 74^\circ 7' 43''.$$

Comètes.

Dans le courant de 1883, deux comètes ont été observées. On attendait aussi le retour de la comète périodique de *d'Arrest* et celui de la seconde comète périodique de *Tempel*, qui devaient respectivement revenir au périhélie en octobre et en novembre; mais, malgré les recherches les plus assidues, elles n'ont pu, jusqu'à ce jour (10 décembre), être revues.

Première comète de 1883. — Elle a été découverte presque en même temps par M. Brooks et par M. Swift, le 23 février. Elle avait ce jour, à 12^h40^m, t. m. de Greenwich, la position

$$\alpha = 22^h50^m, \quad \delta = +28^\circ0'.$$

Seconde comète de 1883. — Le 2 septembre, M. Brooks, de Cambridge (E. U.), découvrait une très faible nébulosité que M. Wendell observa et qu'il reconnut plus tard être une comète.

Cette comète présentait l'aspect d'une nébulosité ronde, d'une minute de diamètre environ et d'un éclat de 10e grandeur. Elle présentait un noyau bien défini. Sa position était

Sept. 3,6732, t. m. Greenwich... $\mathcal{R} = 248^\circ48'54''$, DP $= 25^\circ10'21''$

Son mouvement diurne en ascension droite était égal à $-9'$ et celui en distance polaire de $+12'$.

M. C.-F.-W. Peters, de Cambridge (E.-U.), en déterminant de son côté l'orbite de la nouvelle comète, signala son identité avec celle de la comète de 1812, découverte par Pons et à laquelle Encke avait assigné une période de $70^{ans},684$.

Le calcul de l'orbite de cette comète avait été repris par MM. Schulhof et Bossert, et, bien qu'ils eussent préparé une éphéméride pour son retour probable, retour auquel ils assignaient l'époque de janvier 1884, on n'avait pas cru devoir chercher l'astre en août et au commencement de septembre, car il se trouvait alors à une trop grande distance du Soleil, et on lui supposait un éclat trop faible pour pouvoir être aperçu à cette époque. Aussi, lorsque l'identité de la comète de Brooks avec celle de Pons (1812) eut été établie, remarqua-t-on avec surprise que la comète, à l'apparition actuelle, avait été trouvée alors que son éclat était six fois moindre que lors de sa découverte par Pons, qui la désignait comme un objet excessivement faible. En 1812, la comète présentait l'apparence d'une nébuleuse irrégulière sans queue ou barbe; elle devint visible à l'œil nu. Le 14 septembre de la même année, le diamètre du noyau était de $5',4$ et la longueur de la queue égalait $2^\circ17'$. On put l'observer pendant dix semaines.

Cette année, la comète, depuis le commencement de son apparition, a été suivie avec assiduité dans les différents observatoires. Une des particularités les plus intéressantes de cette comète, sur laquelle l'attention des astronomes a été spécialement attirée, est la variation d'éclat qu'elle a présentée dans le courant des mois de septembre et d'octobre. Vers le milieu de décembre, la comète doit devenir visible à l'œil nu.

Ajoutons encore que l'éclat de la comète observé jusqu'ici a été trouvé supérieur à celui que lui donne le calcul, ce qui ne s'explique qu'en lui attribuant une certaine lumière propre.

Le soleil vert.

Note de M. BARRÉ.

Nous extrayons de la *Revue scientifique* des détails intéressants sur la couleur verte du Soleil :

Dans l'après-midi du dimanche 9 septembre, dit M. Michie Smith, quelque temps avant son coucher, le Soleil se montra entièrement dépourvu de ses rayons et d'une couleur *blanc d'argent* tout à fait différente de ce que j'avais vu jusque-là. Pendant la matinée du 10, le Soleil ne m'offrit rien de particulier; mais, dans l'après-midi, je l'observai avec le plus grand soin depuis 5^h jusqu'à son coucher.

Il se montra du même blanc d'argent que la veille, jusque vers $5^h 30^m$, moment où il fut caché par les nuages; à sa réapparition partielle, à $5^h 43^m$, la partie visible entre les nuages était d'une coloration *vert pois* assez brillante.

Le mardi matin 11, le Soleil était assez sombre, mais son aspect général, quand il était visible, n'avait pas changé depuis la veille. Dans l'après-midi cependant, il nous offrit un spectacle magnifique et qui attira l'attention générale. La lumière blanc d'argent fut visible dès midi, et l'éclat du Soleil décrut rapidement vers 5^h : à ce moment on pouvait le regarder à l'œil nu. On distinguait très nettement la couleur verte en recevant sa lumière sur une feuille de papier blanc, et les ombres accusaient parfaitement la teinte complémentaire. A mesure que le Soleil s'inclinait vers l'horizon, le vert devenait de plus en plus marqué, et à $5^h 30^m$ on voyait un disque vert très brillant avec des bords parfaitement définis. L'image était si nette qu'une large tache d'une minute de diamètre était bien visible à l'œil nu. Le Soleil fut caché dans une bande de nuages qui rasaient l'horizon; mais, quand je pus l'observer de nouveau à son coucher, la teinte était plutôt jaune que verte.

J'ai remarqué les mêmes apparences, moins bien définies à son lever et à son coucher pendant plusieurs jours, mais je n'ai jamais vu de nuages semblables à ceux qui se montraient le matin et le soir. Ils étaient surtout remarquables par l'éclat de leur coloris et par la longue durée de leur visibilité, qui atteignait une heure environ après le coucher du Soleil. La Lune et les étoiles, à peu de hauteur au-dessus de l'horizon, nous présentaient absolument la même coloration.

Vers le 22 septembre, la couleur verte se montra de nouveau pendant trois jours au lever et au coucher du Soleil. Chaque fois que cela fut possible, j'examinai attentivement le spectre solaire : il montrait clairement que la vapeur d'eau joue un grand rôle dans ce phénomène, car toutes les raies telluriques attribuées à cette vapeur étaient parfaitement

accusées. Je dois ajouter qu'il y avait une absorption générale très marquée, surtout dans le rouge. Une heure avant le coucher du Soleil, et même pendant un temps souvent plus long, l'absorption était complète dans la raie B; l'ombre allait s'étendant jusqu'à la raie C, et quelquefois cette ligne était invisible alors que l'absorption allait nettement jusqu'à la région $\lambda = 621$ (rouge moyen). Vers l'extrémité du bleu, une fente très large ne donnait rien au delà de la partie $\lambda = 428$ (violet); mais la photographie montrait parfaitement des raies situées dans l'ultra-violet, comme dans les circonstances ordinaires.

Ce phénomène a été visible sur une grande étendue, de Ceylan à Vizigapatam, et jusqu'à Aden vers l'est. Il n'a cependant pas été remarqué à l'observatoire de Bombay.

Je recueille des renseignements de tous côtés et ne puis entrer pour le moment dans de plus amples détails.

Beaucoup de personnes attribuent ce phénomène à la récente et gigantesque éruption de Java, mais cette explication présente de sérieuses difficultés, et je n'ai pu encore la vérifier.

Déjà, en 1831, on a vu le soleil *bleu* en Europe et en Amérique, de sorte que la cause précitée n'est peut-être pas fondée. On sait, d'après M. Lockyer, que le Soleil paraît vert quand on le regarde à travers la vapeur d'eau ou le brouillard. D'autre part, des observations antérieures tendent à montrer que des poussières très fines peuvent produire ces apparences.

Il n'est pas sans intérêt d'ajouter que, aux deux époques précédentes, cette coloration verte était précédée d'un état électrique tout à fait anormal. Le potentiel de l'air était fortement négatif plusieurs jours successifs de $9^h 30^m$ du matin à $2^h 30^m$ de l'après-midi, le ciel était clair, et il n'y avait pas de pluie dans un rayon de 160^{km} (100 milles anglais).

Un gentleman se trouvait sur un des plus hauts pics des Neelgherries, à Oota Canoud, lors de ce phénomène. Il vit très distinctement un nuage vert et assez sombre passer devant le Soleil, et un second, de couleur rougeâtre. Cet astre prit successivement les couleurs de ces nuages. La population de Beylar était très alarmée de ces apparences extraordinaires. — (Communication de M. Warren de la Rue.)

M. Pogson, astronome à Madras, pense que ce phénomène est dû aux poussières volcaniques et au gaz acide sulfureux, produits par la grande éruption de Java.

Nous avons vu plus haut l'article de M. Michie Smith qui attribue ces apparences à la vapeur d'eau : c'est l'opinion qui nous paraît la plus vraisemblable.

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE.

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

---

3 FÉVRIER 1884. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 201.

CONFÉRENCE DU 9 FÉVRIER,

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

PRÉSIDENT : M. **Gréard**, membre de l'Institut, vice-recteur de l'Académie de Paris.

M. **George Duruy**, professeur agrégé d'Histoire au lycée Henri IV, docteur ès lettres, traitera le sujet suivant : *L'alliance de la France et de la Turquie au* XVI*e siècle.*

CONFÉRENCE SUR LES VOLCANS (1),

FAITE A L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE,

Par M. CH. VÉLAIN, docteur ès sciences naturelles,
Maître de conférences à la Sorbonne.

Dégagements d'hydrocarbures; sources de pétrole. — Des salses aux sources pétrolifères, qui représentent également une des manifestations les mieux caractérisées d'une activité interne à son déclin, la transition se fait par des passages insensibles. Très souvent, en effet, les mélanges gazeux des salses, caractérisés, comme nous venons de le voir, par la prédominance du gaz des marais, qu'on ne saurait attribuer à la fermentation paludéenne de matières animales ou végétales, sont imprégnés de vapeurs de carbures liquides, de la formule $C^{2n}H^{2n+2}$, dont on sent l'odeur sur le lieu même du dégagement et qui occasionnent souvent dans le voisinage de véritables sources de pétrole. Le fait se produit dans les Apennins, et nous avons vu qu'à Sassuno la présence de l'hydrure d'éthyle (C^4H^6) établissait un lien de composition entre les dégagements des terrains ardents et ceux, plus carburés, des sources pétrolifères.

---

(1) *Voir* les *Bulletins* n°s 191, 192, 193, 195, 197 et 199.

Ces sources d'huile minérale (*oil springs*) sont très répandues dans toute cette région de l'Amérique du Nord, désignée maintenant sous le nom de *Pétrolie*, et qui s'étend depuis la presqu'île du haut Canada jusqu'à la vallée du Kanawha (Virginie occidentale) en passant par le lac Erié, près duquel se trouve le célèbre gîte d'*oil creek*, en Pensylvanie.

Les nappes pétrolifères imprègnent là, à des profondeurs diverses, des roches poreuses, arénacées ou schisteuses (*soapstone*) appartenant soit au dévonien, soit au silurien, audessous desquelles il ne peut y avoir des gisements assez étendus de combustibles, pour suffire à la distillation du pétrole, comme le voudraient certaines théories qui ne voient, dans ces dégagements d'hydrocarbures, qu'une tardive expansion de la puissance renfermée dans des produits résultant de la décomposition de substances végétales enfouies. Les sources pétrolifères émergent d'ailleurs sur le trajet de grandes fissures, évidemment dues aux grands mouvements de l'écorce terrestre qui ont présidé au relief si accidenté de cette partie de l'Amérique septentrionale.

En beaucoup de points, la sortie du pétrole a été favorisée par des forages artificiels. Dans tous ces puits artésiens, qui ne descendent guère au-dessous de 600^m, on a remarqué que la volatilité de l'huile minérale augmente avec la profondeur, de telle sorte qu'à une certaine distance on ne rencontre plus que des gaz carburés.

C'est le cas du célèbre gîte de *Pionner-Run*, dans le comté de Venanzo en Pensylvanie. Au moyen d'un artifice bien connu des sondeurs américains, sous le nom de *Seed-Bag*, on opère dans ces puits artésiens (*Flowing wells*) une séparation, qui permet d'obtenir, dans des conduits distincts, le pétrole et le mélange gazeux qui l'accompagne.

Ces gaz, recueillis en 1866 par M. Foncon et analysés par M. Fouqué dans le laboratoire du Collège de France, ont présenté ce fait intéressant que leur composition chimique variait avec la profondeur des puits et leur température à l'orifice de sortie. A des différences de quelques mètres, en profondeur, et d'un degré seulement pour la température, correspond une diminution dans le degré de carburation du mélange gazeux, avec un accroissement notable dans la proportion d'acide carbonique : ainsi se vérifie ce fait déjà reconnu dans les dégagements gazeux, de la Sicile et de l'Italie, que la complexité des carbures d'hydrogène des évents naturels augmente à mesure que la température de ces gaz s'abaisse à leur orifice de sortie.

Les gaz naturels qui s'échappent des sources pétrolifères de *Fredonia*, sur les rives de Canadaway-Creek, ne sont plus composés que d'un mélange, à parties égales, de gaz de marais

et d'hydrure d'éthyle. Enfin il en est de même pour ceux qui, à *Petrolia,* sur les rives du Bear-Creek, font jaillir par intermittences assez rapprochées, à une grande hauteur au-dessus du sol, des gerbes de pétrole, à la manière d'un véritable geyser. Quand on tamponne fortement l'orifice de sortie, on entend un bruit souterrain, en tout point comparable à celui d'un train, lancé à toute vitesse, qui arrive dans le lointain.

Le minimum de carburation s'observe dans les dégagements gazeux de Roger's Gulch et de Burning Springs qui ne contiennent plus d'autre élément combustible que le gaz des marais, avec des proportions diverses d'acide carbonique (15,86 pour 100 dans celui de Roger's Gulch) et d'azote libre.

Ces puits de pétrole de Roger's Gulch sont alignés dans la Virginie occidentale, sur le trajet d'une grande fracture orientée nord-sud, 15° est, qui a provoqué le redressement des strates dévoniennes presque à angle droit, en portant à plusieurs centaines de mètres de hauteur, sur la lèvre de la faille relevée, les schistes carbonifères qui les recouvrent.

Les dégagements gazeux de Burning Springs sortent en bouillonnant de sources sulfureuses issues des grès et conglomérats siluriens du groupe de Médina (grès *à Lingulella cuneata*) ([1]).

Les sources pétrolifères de la Birmanie n'ont pas d'autre origine. Leurs relations avec celles, également si nombreuses, de l'Assyrie sont encore motivées par ce fait que tous ces dégagements hydrocarburés sont espacés sur une grande ligne de fracture qui, traversant l'Asie centrale et orientale, vient aboutir au Caucase.

Salses et terrains ardents du Caucase. — A ses deux extrémités, la chaîne du Caucase, située, comme celle des Pyrénées, sur un étranglement des terres entre deux bassins maritimes, se prolonge par deux péninsules basses, couvertes de salses et de terrains ardents qui peuvent compter parmi les plus remarquables qui soient sur la terre. Toutes ces salses se distinguent par leurs grandes dimensions, et surtout aussi par leur activité. Pallas, qui les a décrites le premier, les présente comme réunissant dans leurs manifestations tous les phénomènes que nous venons de décrire dans les salses des Apennins et celles de l'Amérique du Nord; dans le voisinage des volcans boueux se rencontrent, avec des dégagements naturels des gaz hydrocarbonés, des sources pétrolifères d'une activité telle qu'aucune autre région ne peut leur être comparée.

([1]) Les documents relatifs à ces divers gîtes pétrolifères de l'Amérique du Nord sont extraits des Mémoires publiés par MM. Foncon et Fouqué, *Sur les gisements de gaz hydrocarbonés de l'Amérique du Nord* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXVII, p. 1041 et suiv.).

Ces mêmes salses, avec des sources de pétrole non moins considérables, accompagnées de sources thermales qui signalent partout leur abondance exceptionnelle, se rencontrent également disposées symétriquement des deux côtés de cette grande chaîne, sur deux lignes parallèles épousant sa direction.

Tous ces dégagements témoignent d'une activité volcanique qui, dans cette région, a dû être considérable, si l'on en juge par l'Elbrouz, ce géant du Caucase, dont le cratère était encore actif à cette époque, relativement récente, où la mer Noire, réunie à la Caspienne par le détroit de Manêtch, formait une vaste et profonde dépression, presque aussi étendue que la Méditerranée actuelle.

Péninsule de Taman. — La première de ces péninsules, à l'ouest, celle de Taman (*fig.* 31), parsemée de marécages

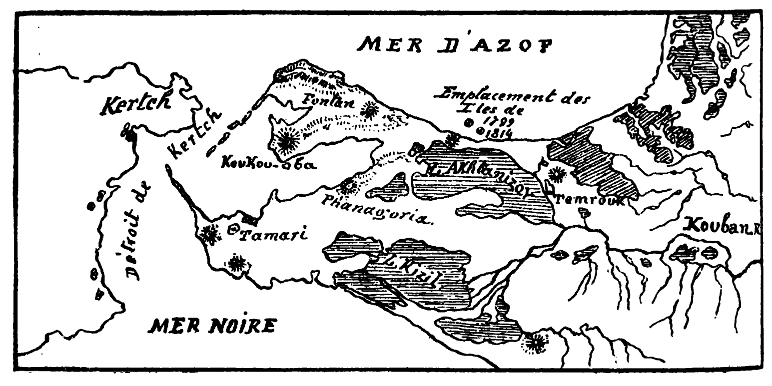


Fig. 31. — Péninsule de Taman.

et d'étangs partiels (étangs d'Akhtanizov au nord-est et de Kizil au sud-ouest), occasionnés par les crues du Kouban, qui, changeant de lit à de nombreuses reprises, vient déverser ses eaux torrentielles, tantôt dans la mer Noire, tantôt dans celle d'Azof, supporte cinq groupes de salses, alignés sur le prolongement de la chaîne, qui offrent tous les phénomènes intermédiaires entre les suintements de boue et les explosions volcaniques. Des cavités fangeuses, des volcans de boue, répandus par centaines sur le pourtour de cette péninsule, ont pour caractère de se déplacer constamment.

Un des plus connus parmi ces volcans de boue, le *Koukou-Oba* (*fig.* 32) (colline bleue), qui se dresse sur un cap élevé à l'entrée du Bosphore, est devenu célèbre par la description qu'en a donnée Homère, qui plaçait dans la presqu'île de Taman l'extrémité du domaine de Neptune. Au delà se trouvaient les bouches de l'Enfer, idée bien justifiée par la grande activité du volcan gazeux d'Obou, qui projetait alors, avec des gaz méphi-

tiques, des pierres, accompagnées de flammes s'élevant à une grande hauteur.

Après un long repos, qui permit à Strabon de décrire ce volcan comme un immense tumulus, élevé en l'honneur de



Fig. 32. — Le *Koukou-Oba* (volcan de boue de la péninsule de Taman).

Satyrus Ier, roi du Bosphore, le Koukou-Oba, entre de nouveau en éruption pendant l'hiver de 1794 (27 février). De violentes secousses, accompagnées de bruits souterrains, comparables au bruit du tonnerre grondant dans le lointain, furent les signes précurseurs d'une violente explosion, qui fut suivie presque immédiatement d'un jet de flamme haut de 15^{m}, sur plus de 10^{m} de large. Cette immense colonne de feu, visible du Kouban, persista pendant près d'une heure, au dire des Cosaques témoins oculaires du phénomène. Pendant de longs mois, des jets de boue incessamment lancés, avec des pierrailles, à des hauteurs de plusieurs mètres, furent accompagnés de torrents de boue, dont les coulées encore visibles, épaisses de plus d'un mètre, se répandirent dans la plaine, sur une étendue de plusieurs lieues (1).

(1) La contenance d'un de ces courants a pu être évaluée à 650 000^{mc} (ANSTED, *Intellectued observer*, janvier 1866).

Non loin de là, situé de même sur une falaise élevée, près du *Khouter-Kalouzof*, un immense cratère-lac, que sa grande régularité a fait décrire comme une *Naumachie*, destinée à donner des combats maritimes, vomissait en 1837, alors que Dubois de Montpéreux explorait la péninsule de Taman [1], des torrents de boue et de bitume qui retombaient en cascade sur le rivage. A cette date, *Phanogorie*, aujourd'hui reliée à la péninsule, formait, dans le golfe de Taman, une île couverte de volcans de boue qui se signalaient par leurs explosions violentes [2].

Il en a été de même pour l'île de *Fontan*, qui n'est venue se souder dans le nord, à l'extrémité orientale de la péninsule, que tardivement, à la suite d'une longue série de coulées boueuses, chargées de bitume.

La péninsule de Taman doit ainsi son relief et sa forme actuelle, bien différente de ce qu'elle était à cette époque ancienne, où les *Kimméridiens* d'Homère et d'Hérodote l'habitaient, à l'activité d'un grand nombre de salses aujourd'hui en partie éteintes.

La plupart des îles qui parsèment la mer d'Azof n'ont pas d'autre origine. Elle aussi a vu surgir, au-dessus de ses flots, des îles de boue fumantes, hautes parfois de 100^{m} à 150^{m}, qui, en raison de leur peu de stabilité, ont été bientôt condamnées à disparaître. Tel a été le sort des îlots qui, en septembre 1799 et plus tard en mai 1814, apparurent presque subitement et disparurent avec la même rapidité, à moins d'une lieue du rivage, dans le voisinage de la ville de Temrouk [3].

Péninsule de Kertche. — Plus à l'ouest, l'étroite péninsule de Kertche, projetée par les monts de Crimée, en avant de celle de Taman, dont elle est à peine séparée par le Bosphore très rétréci en ce point, formée, en son entier, par des marnes argileuses tertiaires, était toute préparée pour recevoir des volcans de boue.

Ils sont là, en effet, répandus en nombre encore considérable, dans le prolongement immédiat de ceux de Taman, et

---

(1) F. Dubois de Montpéreux, *Voyage autour du Caucase*, t. V, 1848.

(2) L'un d'eux s'est déclaré en 1818, au centre d'un tertre, où s'élevait autrefois le temple de *Diane agrotère*, ainsi qu'en témoigne une inscription, recueillie par fragments, dispersés au milieu d'une coulée de boue, qui raconte, comme suit, l'histoire de cet antique édifice :

« Xénoclides Posios a érigé un temple à Diane agrotère sous Parisiades, fils de Leucon, archonte du Bosphore et de Theudosie, et roi des Sindes, des Torètes et des Dandariens. »

(3) Von Baer, *Bulletin de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, t. V, 1863.

prennent leur maximum d'activité sur la pointe avancée d'*Yeni-Kaleh* où de nombreuses sources de pétrole jaillissent en tous points du sol fissuré, à ce point que, par place, il tremble sous les pas ([1]).

Péninsule d'Apchéron. — A l'extrémité orientale du Caucase, la péninsule d'Apchéron (*fig.* 33), tout entière de formation

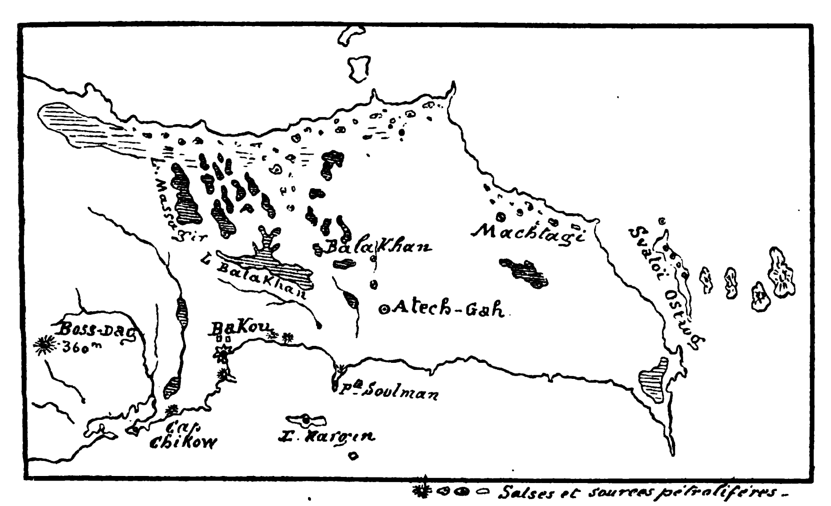


Fig. 33. — Péninsule d'Apchéron.

volcanique, n'est pas moins bien partagée. Elle aussi doit son relief, très accidenté, aux émissions des salses, et voit dans ses dépressions s'établir des marécages fangeux, plus nombreux, mais moins étendus que ceux de Taman. Elle se prolonge de même, au loin, dans la Caspienne par des buttes d'argile qui constituent tout autant d'îlots, dont les cratères terminaux, dans leur période d'activité, rejettent des pierres qui viennent parfois retomber sur le continent. L'une d'elles, Koumani, a surgi du fond de l'eau en 1864. La plus active est celle de Lozî; en 1876, ses explosions ont occasionné une véritable pluie de pierres et de menus fragments de boue solidifiée qui se sont répandus sur le cap Alat ([2]).

Dans toute l'étendue de cette région, devenue la contrée classique du naphte, les salses se signalent surtout par l'abondance des dégagements de gaz hydrocarbonés ([3]). Dans la pro-

---

([1]) Dubois de Montpéreux, *loc. cit.*, p. 239.

([2]) Lissenko, *Russisch Revue*, n° 10, 1879.

([3]) Les sept cents puits de naphte creusés dans la région de Bakou fournissent annuellement 320 000 000^{kg} de pétrole en moyenne. En s'élevant ainsi d'une profondeur qui ne dépasse guère 80^{m} ou 100^{m}, le pétrole, accumulé dans des couches gréseuses intercalées dans des marnes ter-

vince de Schirvan, au voisinage de Bakou, la *cité du naphte*, le sol en est à ce point imprégné qu'il suffit de le percer à une faible profondeur pour donner passage au gaz inflammable. Une simple étincelle allume un incendie qui se communique à toutes les autres crevasses avec la rapidité de l'éclair, et se continue ainsi jusqu'à ce qu'une violente tempête ou une forte pluie vienne l'éteindre. Ces flammes, vacillantes et bleuâtres, à la manière des feux follets, s'élèvent en hautes spirales, ou d'autrefois s'abaissent en couvrant le sol qui paraît éclairé d'une lueur éthérée. L'herbe sèche qui recouvre le sol ne prend jamais feu, et le voyageur qui se trouve au sein même de ce merveilleux incendie n'éprouve aucune sensation de chaleur.

Au milieu même de la mer, près du cap de Chikhov, au sud de Bakou, les jets de gaz inflammables s'effectuent avec une telle violence que l'eau tourbillonne au point d'entraîner les barques qui s'aventurent dans ces parages dangereux ([1]). Des étoupes enflammées jetées sur la mer aux points où elle semble ainsi soumise à une violente ébullition, allument aussitôt un incendie qui se propage sur une étendue d'une quarantaine de mètres et ne s'éteint que quand un vent impétueux vient à souffler.

Le foyer principal de ces dégagements gazeux se trouve, au voisinage de Sourakhan, au lieu dit « Atech-Gah », dans le nord-est de Bakou. Sur un espace de plus de deux lieues carrées, le sol fissuré de toutes parts livre passage à tous ces dégagements que le moindre accident peut enflammer. C'est là que les « Parsis », disciples modernes de Zoroastre, ont trouvé le feu perpétuel pour lequel la nature a tout fait, et qu'ils n'avaient pas besoin d'entretenir. A l'heure présente, *le temple du feu* n'est plus qu'un simple réduit, livré à tous les cultes et maintenu, par tolérance, dans un coin d'une vaste usine qui sert à la préparation de l'huile de naphte et du bitume, et qu'alimentent directement les gaz combustibles, aménagés pour pouvoir être utilisés pour le chauffage, l'éclairage et même la cuisson du calcaire dans les fours à chaux installés dans le voisinage de ce grand laboratoire naturel.

Mofettes. — Dans ces émanations gazeuses hydrocarbonées qui sont déjà le signe d'une activité volcanique à son déclin, quand la température s'abaisse, au point de ne plus dépasser celle de l'air ambiant, l'acide carbonique persiste seul, avec

---

tiaires, entraîne avec lui des quantités de sables qui s'accumulent autour de l'orifice et finissent par former des monticules coniques de 15^m de hauteur. (LISSENKO, *El. Reclus, l'Asie russe*, p. 204.)

([1]) ABICH, *Geogr. Obchtchstra*, t. VI, 1864; MOYNET, *Voyage au littoral de la mer Caspienne* (*Tour du monde*, n° 8, 1870).

la vapeur d'eau. Ce gaz, qui s'échappe alors, en abondance, de toutes les fissures du sol, tapisse des grottes et remplit les dépressions de ses émanations délétères, en donnant lieu aux *mofettes*. Telles sont celles qui, nombreuses, se présentent en Auvergne, dans la région des *Puys*, principalement aux environs de Clermont et de la station thermale bien connue de Royat. Elles abondent également dans le Vivarais, où elles témoignent d'une activité qui a dû être considérable autrefois, si l'on en juge par les grandes coulées basaltiques qui donnent lieu, dans leur voisinage, aux orgues d'Espaly et de la Croix de Paille. Sur la rive gauche du Rhin, dans l'Eifel, on les compte également par milliers au voisinage du lac de Laach, un des plus célèbres cratères-lacs de la région des *Maars*, où elles remplissent de petites grottes et des cavités bien abritées.

La célèbre « vallée de Mort », à Java, où le sol est jonché de squelettes d'animaux qui se sont laissé surprendre par ces émanations, n'est autre qu'un ancien cratère, maintenant rempli, presque jusqu'au bord, par l'acide carbonique qui se dégage par torrents de toutes les fissures de cette plaine de laves, depuis longtemps consolidée.

Telles étaient autrefois les conditions, dans les champs phlégréens, des lacs Avernes, « sans oiseaux », considérés autrefois comme autant de portes du Tartare, par où les divinités infernales attiraient les âmes sur les bords de l'Achéron (¹), qui émettaient alors de telles quantités d'acide carbonique que les oiseaux, surpris dans leur vol au-dessus de ces parages dangereux, tombaient, comme foudroyés, sur le sol de ces cratères que remplissent maintenant les eaux d'infiltration pluviale.

A l'heure présente, au voisinage du Vésuve, près du lac d'Agnano, ces dégagements d'acide carbonique persistent, comme on sait, dans la fameuse grotte dite du Chien. L'acide carbonique, qui s'échappe là par de nombreuses fissures, au niveau du sol, tapisse le fond de la grotte d'une couche dense, épaisse de moins de 1^m, qui parfois se répand au dehors, à la manière d'un véritable courant, qu'on peut suivre et reconnaître à une assez grande distance, par les temps calmes, en y portant des torches enflammées qui s'éteignent subitement. La Grotte du Chien a son grand-prêtre; un guide a la barbarie d'entraîner là de pauvres chiens pour les faire haleter et s'évanouir au pied des visiteurs, qui viennent nombreux assister à ce triste spectacle.

Ch. Sainte-Claire Deville a fait, sur ce point, en janvier 1862, une observation remarquable; surpris de voir les orifices, où se font habituellement les dégagements d'acide carbonique,

(¹) LUCRÈCE, liv. VI.

tapissés par de petits dépôts de soufre, il constata que la température, qui habituellement ne dépasse guère 16° à 18°, s'élevait alors dans chacun d'eux à 30°, et que le mélange gazeux qui s'effectuait alors contenait de l'acide sulfhydrique. Il a trouvé là une nouvelle vérification de la loi qu'il venait d'établir entre les variations qui s'établissent entre la composition des fumerolles et leur température, dans ces dégagements carbonés qui représentent, ainsi que nous l'avons dit en commençant, le *dernier acte* des manifestations volcaniques.

(*La suite prochainement.*)

Sur les troubles physiques de ces derniers temps.

Note de M. FAYE.

On remarque depuis quelque temps de nombreux phénomènes exceptionnels, tels que l'effroyable explosion volcanique du Krakatoa, des ondes immenses qui parcourent la mer ou l'atmosphère en faisant le tour entier du globe, des lueurs et des colorations étranges dans le ciel, un mois de janvier qui ressemble au mois d'avril ordinaire pour la température, des oscillations étranges dans la fréquence des taches du Soleil dont le maximum semble ne pas pouvoir se produire, des dérangements non moins singuliers dans l'allure ordinaire de l'aiguille aimantée. Ce qui me frappe surtout, c'est que tous ces faits ont été prédits ou expliqués par des influences cosmiques; c'est à Jupiter, à Mars, aux essaims d'étoiles filantes qu'on les rapporte, et, comme les mouvements de ces astres sont bien connus et peuvent être calculés longtemps d'avance, il semble facile désormais de prévoir à très longue échéance les phénomènes géologiques, météorologiques, magnétiques et même solaires.

Je crois néanmoins que cela ne doit pas nous empêcher de les enregistrer et de les étudier comme à l'ordinaire.

En ce qui touche la température exceptionnelle de cet hiver, je ferai remarquer que, d'après le *Times* du 19 janvier, on jouit, dans l'Amérique méridionale, d'une température estivale tout à fait extraordinaire. Il est rare, à Buenos-Ayres, qu'en été (décembre-janvier) la température dépasse 92° F. (33°,3) à l'ombre; elle a été, cette année, de 101° F. (38°,3). Le *Buenos-Ayres Standard* suppose que cette température sans précédents tient aux cinq petites comètes que notre célèbre Correspondant, M. Gould, est en train, dit-on, d'observer à Cordoba, capitale de la République Argentine. Vous voyez par là que les influences cosmiques n'ont pas moins de vogue sur l'hémisphère austral que sur le boréal. Il est bien vrai que la température de notre mois de janvier ne s'accorde pas très bien

avec une prédiction toute récente qui nous avait annoncé un mois de janvier particulièrement rigoureux; mais avec les étoiles filantes il y a toujours moyen de s'arranger. Si donc on constatait une surélévation de température un peu générale à cette époque, ainsi que l'observation précédente semblerait le faire croire, il n'y aurait qu'à supposer que notre atmosphère a été envahie par un essaim de météores venant frapper la Terre avec une vitesse de 60^{km} à 70^{km} par seconde, et à calculer la quantité de chaleur qui serait engendrée ainsi dans notre atmosphère par le choc de quelques kilogrammes de cette matière-là à l'état de diffusion cométaire.

Voici, en second lieu, une observation de Soleil bleu, dans le Venezuela, qui m'a été communiquée par M. Haas. C'est, dit la *Revue de Carupano*, la première fois qu'on a vu pareille chose. Le dimanche 2 septembre, le Soleil, à son lever, était d'un très beau bleu : sa lumière était douce; on aurait dit celle de la Lune. Aucun nuage au ciel. A midi, le Soleil était plus brillant, mais toujours d'une couleur bleuâtre. Au couchant, on pouvait contempler le Soleil; autour de son disque on apercevait de nombreuses raies horizontales d'un bleu foncé sur fond de même teinte claire. A mesure que l'astre disparaissait, la teinte bleue est devenue grisâtre et, après le coucher complet, on vit une auréole splendide couleur de feu. Celle-ci a duré jusque vers les 8^h. Les nuages présentaient les diverses teintes de l'iris et produisaient un spectacle grandiose dans cette partie du ciel. Des phénomènes analogues ont été observés à Puerto-Cabello.

Le Naphtol.

Depuis quelque temps, on commence à employer en France, d'une façon suivie, un dérivé de la houille voisin du phénol par sa composition chimique : nous voulons parler du naphtol. En Angleterre et surtout en Amérique, les résultats obtenus par l'emploi de ce nouveau médicament ont été si heureux qu'il a pris déjà une place très importante en Thérapeutique.

Nous croyons être utile à nos lecteurs en leur donnant aujourd'hui une monographie résumée des propriétés de ce corps.

Lorsqu'on chauffe de la naphtaline au contact de l'acide sulfurique concentré, on peut obtenir, suivant la température à laquelle on agit, différents acides sulfoconjugués de ce carbure, susceptibles de donner eux-mêmes, par leur combinaison avec la potasse et la soude, des sels bien définis. Si l'on traite ces sels par la potasse ou la soude en fusion, et si l'on décompose la masse fondue, en dissolution étendue, par l'acide chlorhydrique, on obtient finalement des naphtols; il

y a en effet autant de naphtols que d'acides sulfoconjugués. Parmi ces naphtols, celui qui nous intéresse seul au point de vue médical est le β-naphtol.

Le naphtol brut, tel qu'on l'emploie dans l'industrie des matières colorantes, se présente sous forme de masses violet foncé, qu'on peut facilement réduire en poudre. Le naphtol pur, seul employé en Médecine, est au contraire très bien cristallisé, en aiguilles blanches, brillantes, fines et soyeuses. Chimiquement pur, son odeur est très faible ou presque nulle, sa saveur est brûlante; respiré fortement, il provoque de violents éternuements.

Le naphtol est faiblement soluble dans l'eau bouillante, mais très soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, le benzol, les huiles et les graisses; sa solution aqueuse saturée à 25° C. contient une partie de naphtol dans 550 parties d'eau; doucement chauffé, il se sublime aisément; on peut en outre le distiller facilement dans un courant de vapeur d'eau : il y a même lieu de tenir compte de cette propriété quand on veut en faire une solution titrée dans l'eau bouillante.

Lorsqu'on veut dissoudre du naphtol dans une grande quantité d'eau, il est bon de le dissoudre au préalable dans la plus petite quantité d'alcool (environ 2 parties d'alcool pour 1 partie de naphtol); on verse alors cette solution dans l'eau en agitant constamment.

C'est en 1881 que, sur l'avis de Ludwig, le professeur Kaposi essaya l'emploi du naphtol en Médecine. Les nombreux essais de ce savant ne tardèrent pas à montrer que le naphtol remplace avantageusement le phénol, même en solution étendue à un gramme par litre, par exemple. Dépourvues d'odeur, ces solutions n'incommodent pas les malades tout en agissant comme un puissant désinfectant; elles préviennent et arrêtent toute fermentation et par suite toute décomposition de composés organiques; appliquées sur des membranes très délicates, elles causent tout d'abord une sensation brûlante et une irritation locale qui disparaissent très rapidement et qui sont bien moins douloureuses que celles provoquées par le contact de solutions phéniquées; il semble même qu'appliquées sur des blessures très graves elles aient favorisé et stimulé la production de nouveaux tissus.

Le naphtol est donc un agent des plus puissants : les expériences de Neisser montrent en effet qu'un gramme d'une solution aqueuse concentrée est susceptible de tuer un lapin pesant environ 1^{kg}; un chien du poids de $4^{kg},500$ ne résiste pas à la dose de $1^{gr},500$.

Quant à l'action locale que le naphtol exerce sur la peau, les expériences de Kopassi ont fait voir que le naphtol en solution dans la graisse, même à la dose de 15 à 20 pour 100, ne

produit aucune irritation lorsqu'il est appliqué sur une peau saine. Appliqué sur un eczéma, il peut provoquer une inflammation aiguë, même quand il est étendu dans une pommade à la dose de 1 pour 100. La solution alcoolique agit beaucoup plus énergiquement : à la concentration de $\frac{1}{2}$ à 1 pour 100, cette solution provoque, même sur la peau saine, une éruption urticaire qui peut s'étendre au delà de la partie frottée.

Quoique nous ayons déjà fait remarquer que le naphtol n'a pas d'odeur, quand il est chimiquement pur, A. Jarisch a remarqué qu'il acquiert, par son contact avec la peau, une odeur toute spéciale qui se communique à l'atmosphère de la chambre et qui est tout à fait caractéristique de ce composé.

Un des grands avantages du naphtol est encore de ne colorer ni la peau ni les cheveux; toutefois il tache en rose, puis en rouge, au contact de l'air, les tissus de lin et de coton; cette coloration disparaît du reste très facilement par un simple lavage à l'eau chaude et au savon. (*La Nature*.)

Découverte d'une grande pyramide au Mexique.

On lit dans le journal *El Liberal* du 11 janvier :

« On vient de découvrir au Mexique des restes importants d'une civilisation aujourd'hui disparue. Dans la Sonora, à 20 lieues environ au sud-est de la ville de la Madeleine, on a trouvé, au cœur d'une forêt vierge, une pyramide qui a 4350 pieds à sa base et 750 de haut, c'est-à-dire près du double des dimensions de la pyramide égyptienne de Chéops. De la base au sommet monte un large chemin, que peuvent suivre les voitures, et qui serpente autour de cette gigantesque construction. Les murs extérieurs sont construits, ou plutôt revêtus de plaques de granite formant sillons, très soigneusement travaillées, et les courbures sont combinées avec une parfaite précision. A peu de distance, vers l'est, s'élève un tertre de même hauteur, transformé en gîtes ouverts dans le roc. Il y a des centaines de petites chambres de 5 à 15 pieds de large pour 10 à 15 de long. Ces cellules ont en moyenne 8 pieds de haut, n'ont pas de fenêtres et n'ont qu'une entrée qui se trouve généralement au milieu du toit. Les murs sont couverts de nombreux hiéroglyphes et de figures étranges avec des pieds et des mains d'homme. On a trouvé épars une grande quantité d'ustensiles en pierre. Pour le moment il est difficile de préciser l'époque et le peuple auxquels remontent ces monuments. On croit cependant qu'on les doit aux générations passées des *Mayos* qui existent encore au sud de la Sonora. Cette race offre de particulier qu'elle a, contrairement aux autres races indiennes, les yeux bleus, les cheveux blonds et la peau

blanche. Ils se distinguent en outre par la pureté de leurs mœurs, leur amour du travail et leur douceur. Les Mayos ont un alphabet propre et possèdent des connaissances en Mathématiques et en Astronomie. »

Résumé des Observations météorologiques du Bureau central en décembre 1883;

Par M. FRON.

Le mois de décembre 1883 est couvert, chaud, peu pluvieux. Il présente une pression barométrique moyenne en excès de 4^{mm}, et une température en excès de 1° sur les moyennes normales. A l'Observatoire de Paris (Saint-Maur), la température moyenne des vingt-quatre heures est de 4°,15. Le thermomètre varie depuis un minimum de —6°,9 (le 8) jusqu'à un maximum de 11°,4 (le 13). Les moyennes sont 2°,44 pour les minima et —6°,09 pour les maxima.

La pression atmosphérique est basse seulement du 11 au 12 et le 16. Elle varie depuis un minimum de $748^{mm},06$ (le 4) jusqu'à un maximum de $773^{mm},61$ (le 24). La moyenne est 762,72.

L'humidité relative moyenne des vingt-quatre heures est 86; la moindre a lieu le 12, elle est de 46; la plus grande, 100, se présente pendant 9 jours. Il est tombé seulement $29^{mm},5$ d'eau en 16 jours, dont 4 de bruines, et 3 jours de très petite neige.

Les vents des régions Nord ont été dominants, ensuite ceux des régions Sud-Ouest. Il a éclairé au Nord-Est le 12 au matin avant le jour.

A l'Observatoire de Bordeaux-Floirac, les moyennes sont 1°,16 pour les minima et 6°,93 pour les maxima. Le froid a été plus marqué qu'à Paris et même, lorsque dans cette dernière ville le thermomètre ne descendait pas au-dessous de 4°, il descendait à Bordeaux jusqu'à 3°,7 le 26.

En France, décembre 1883 est caractérisé par 2 périodes de vents du Nord (de 8 et de 3 jours) et une courte période de vents d'Ouest (de 4 jours). Le reste du mois offre des vents faibles, des régions Est et Sud.

Sur l'enregistrement de la vitesse du vent et de sa direction, pendant la tempête du samedi 26 janvier, obtenu à l'aide de l'enregistreur de M. Bourdon.

Note de M. WOLF.

Le vent, de direction à peu près constante, entre sud-sud-ouest et ouest-sud-ouest, a atteint sa vitesse maxima entre 9^h du soir et 1^h du matin; cette vitesse s'élève au moins à 38^m par

seconde, la roulette de l'enregistreur étant à bout de course. Le fait le plus singulier est l'arrêt brusque qui s'est produit vers 1^h du matin, où la vitesse est tombée tout d'un coup à 12^m.

L'enregistreur Rédier montre que, de $10^h 40^m$ à minuit 25^m, le baromètre est resté à une hauteur constante de $731^{mm},4$, en baisse de 12^{mm} sur la pression de $1^h 30^m$; il s'est relevé rapidement jusqu'à minuit 45^m, puis plus lentement jusqu'à midi le dimanche.

Le thermomètre a subi également un abaissement très rapide : le minimum était de $4^\circ,2$ à 1^h, en baisse de $2^\circ,5$ depuis $12^h 30^m$.

La tempête avait été annoncée dès la veille par de grandes oscillations des courbes magnétiques, et en particulier de celle du déclinomètre.

L'Association scientifique a reçu les Ouvrages suivants : *Sur la force des matières explosives d'après la Thermochimie* par M. Berthelot, 2 vol. grand in-8°, chez Gauthier-Villars. *Application du salicylate de bismuth au traitement de la fièvre typhoïde,* par le Dr H. Desplats; — Notice sur le *Viaduc de Garraby*, avec plan, chez M. A. Ravoux, 19, rue Tiquetonne; — *Almanach astronomique Flammarion,* librairie Plon et Cie, 8, rue Garancière; — *Bulletins de l'Observatoire météorologique Gruby*, publiés par M. E. Cassé; — Les *Téléphones,* par M. A. Ternant, directeur et électricien de l'*Eastern telegraph company*, à Marseille. — *Matière et force,* par M. E. Maldant, ingénieur civil, 1 vol. in-8°, de 319 pages, Dentu, éditeur. Dans ce Livre, présenté à l'Académie des Sciences morales et politiques, l'auteur combat les hypothèses des matérialistes qui attribuent uniquement aux propriétés de la matière pondérable les phénomènes moraux, aussi bien que les phénomènes physiques dont les êtres animés nous offrent le spectacle.

Liste des nouveaux Membres.

MM. Bechman, avocat à Paris.
Hugues (Denis), à Paris.
Mme Grisolle, à Paris.
MM. Chevalier (Henri), à Paris.
Lardenois, à Paris.
Mlle Combes (Gabrielle), à Paris.
Mme Lorain, à Paris.
MM. Rœderer (F.), à Paris.
Schmitt (Oscar), à Paris.
Ramon del Rio, à Paris.
Posth (J.), à Paris.
Marius Fontane, à Paris.
Michel (Charles), à Paris.
Pereira (J. de la), à Pernambuco, Brésil.
Moniod, à Paris.
Dienval, capitaine d'artillerie à Maubeuge.
Brothier de Rollière, à Dissais, Vienne.
Marvogén (Dr S.-S.), à Constantinople.
Sardou, à Nice.
Froissart, capitaine d'artillerie à Lille.
Charpillon (E.), à Paris.
Greban (A. de), à Paris.
Kreiss, négociant à Schiltigheim.
Renaut, à Paris.
Fabrègue (Jules), Paris.
Mme Piot, à Paris.
MM. Auvray (Georges), à Paris.
Grisou, receveur de l'enregistrement à Morcenx.
Feikema, à Paris.
Bignon, à Joinville-le-Pont.
Estevès (Dr F.-M.), à Paris.
Gillet (Albert), à Paris.
Goumois (de), à Paris.
Martyn, à Paris.
Conrad, à Bourg-la-Reine.
Betrine, à Paris.
Guillaume, membre de l'Institut.
Mlle Galloo, à Paris.
MM. Gaudefroy, à Paris.
Gillot, ingénieur civil des Mines, à Paris.
Charton (Paul), à Paris.
Beslay (Pierre), à Paris.
Persoz, à Paris.
Thomas (J.), industriel, à Paris.
Mme Decamp, à Paris.
MM. Barbier, négociant à Paris.
Vautherin (Raymond), à Paris.
Mlle Pacaud (Marie), institutrice, à Paris.

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

10 FÉVRIER 1884. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 202.

CONFÉRENCE DU 16 FÉVRIER,

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

Président : M. **Tresca**, membre de l'Institut.

M. **Frank Geraldy**, ingénieur des Ponts et Chaussées, traitera le sujet suivant : *Progrès récents de la téléphonie.*

Sur la taille du diamant et l'emploi industriel du carbonado.

Nous avons plus d'une fois entretenu nos lecteurs de l'histoire naturelle et industrielle du diamant; néanmoins nous y reviendrons aujourd'hui, car MM. Jacobs et N. Chatrian viennent de publier sur ce sujet un beau volume (1) dans lequel nous trouvons des renseignements intéressants sur plusieurs points dont il n'a pas été question dans les articles auxquels nous venons de faire allusion; notamment sur la taille de cette pierre précieuse et sur l'emploi industriel du *carbonado* ou diamant noir amorphe (2).

Le diamant brut, c'est-à-dire le diamant tel qu'on le trouve dans la nature, est une pierre de médiocre apparence qui pendant fort longtemps a été peu estimée comme objet de parure, et c'est seulement par la taille et le polissage qu'il acquiert son éclat incomparable. Or les recherches historiques de MM. Jacobs et N. Chatrian prouvent que l'art de le travailler

(1) *Le Diamant*, un volume grand in-8°, avec figures dans le texte et planches coloriées; chez G. Masson, éditeur, 120, boulevard Saint-Germain.

(2) Le diamant proprement dit est du carbone pur et cristallisé.

Le carbonado est une espèce de diamant amorphe et noir qui, par son aspect, rappelle le coke.

Un physicien français, Despretz, a constaté que le diamant cristallisé devient noir, augmente de volume et devient spongieux à peu près comme le carbonado quand on le porte à une température excessivement haute, en le plaçant entre deux cônes de charbon traversés par le courant électrique d'une forte pile.

ainsi était inconnu pendant l'antiquité et le moyen âge, et ne date que de 1476. L'invention en est due à un noble flamand natif de Bruges, nommé *Louis de Berquem*. Quelques auteurs ont révoqué en doute ses droits à cette découverte et ont cru pouvoir la faire remonter jusqu'aux Romains, mais les faits cités dans le livre que nous avons sous les yeux nous paraissent devoir ne laisser aucune incertitude à cet égard. Ainsi le passage de Pline dont on a argué ne s'appliquait probablement pas aux diamants proprement dits, et tous les diamants possédés par les souverains les plus puissants du moyen âge ou des temps plus modernes, mais antérieurs à 1476, étaient des diamants bruts, notamment ceux de Charlemagne, de Charles VII et ceux des ducs de Bourgogne.

C'est à Anvers que l'art de tailler le diamant, inventé par Berquem, fut exercé d'abord, et ce fut dans les ateliers des lapidaires de cette ville que plusieurs de ces pierres précieuses les plus célèbres (le *Sancy*, par exemple) furent travaillées. Amsterdam eut ensuite presque le monopole de cette branche d'industrie, ainsi que du commerce des diamants. On fit à diverses reprises des efforts pour l'introduire à Paris, mais presque sans succès, et, aujourd'hui même, c'est essentiellement à Amsterdam que la taille de cette gemme se pratique en grand.

Voici comment MM. Jacobs et Chatrian rendent compte de ce travail.

Les opérations délicates et ingénieuses par lesquelles l'homme transforme le diamant brut, tel qu'il le trouve dans la nature, en une goutte de lumière resplendissante et irisée, sont de trois sortes : elles consistent à *cliver* le diamant, à le *bruter* et à le *polir*.

Clivage. — On appelle *clivage* (de l'allemand *kloeben*, fendre) la division mécanique des lames qui forment un cristal. Les cristallographes s'en servent pour déterminer et reconnaître les minéraux dont la forme cristalline est imparfaite.

Tout cristal se compose d'un noyau primitif. Quelquefois les couches qui, lors de la cristallisation, se sont superposées à ce noyau, en conservent la forme ; très souvent, au contraire, elles couvrent le noyau en se rétrécissant régulièrement et donnent au cristal un aspect différent, ou forme secondaire.

Dans cet arrangement en couches ou lames, les molécules conservent des distances mutuelles et sont espacées sur des systèmes de plans et de lignes droites. Cette structure peut être comparée à un réseau continu et uniforme dont les nœuds seraient les points de jonction des molécules et affecteraient des dispositions parallélogrammiques ou en quinconce. Sans doute que ces espaces ou interstices sont nuls pour nos yeux, même aidés des instruments d'optique les plus puis-

sants, attendu que les particules elles-mêmes qui les forment sont d'une petitesse qui dépasse notre imagination, mais ils sont rendus sensibles par le clivage et d'autres phénomènes physiques.

Les clivages, comme les formes cristallines, sont soumis à



Clivage.

des lois régulières; leur sens pour la même substance est toujours le même. Dans le diamant il y en a trois principaux et très nets, sans compter plusieurs secondaires. Les cliveurs appellent ces directions les *fils* de la pierre; les minéralogistes les nomment *faces de clivage*.

En chaque point d'une pierre, à moins que ce ne soit du *boort* ou du *carbonado*, un bon cliveur sait toujours trouver un fil.

Pour l'obtenir, voici comment il procède :

Il fixe le diamant à cliver, dans la position la plus convenable, à l'extrémité d'un bâton, au moyen d'un ciment composé de colophane, de mastic et de sable fin. Présenté à la flamme d'un bec de gaz ce mastic s'amollit; on y enchâsse la pierre qu'il maintient très solidement en se refroidissant.

A d'autres bâtons et par le même moyen il fixe des lames à bords tranchants de diamants déjà clivés.

Prenant alors de la main droite le bâton qui porte la pointe tranchante, et de la main gauche celui où se trouve le diamant à cliver, il les appuie par le milieu sur une boîte qui est solidement vissée à sa table de travail, et, formant ainsi levier, il frotte l'un contre l'autre les deux diamants jusqu'à ce que la pierre tranchante ait fait à l'autre une entaille. Il utilise ainsi l'une après l'autre deux ou trois lames : la première pour faire l'entaille, la deuxième pour la régulariser, la troisième pour la terminer nettement et d'une manière tranchante sur une seule lame de clivage ; sans cette précaution on ne saurait prévoir le résultat qu'on obtiendra. Tout cela dure souvent moins de temps qu'on ne met à le dire.

Les parcelles de diamant que détache cette opération tombent dans la partie de la boîte destinée à les recevoir.

L'ouvrier, tenant ensuite de la main gauche et en même temps le bâton de la pierre à cliver et un couteau d'acier dont le tranchant est dans l'entaille (tout à fait dans la direction du clivage), donne de la main droite, avec une baguette de fer, un coup sec et juste sur le dos du couteau, et le diamant se sépare nettement dans le sens qu'on peut toujours préciser d'avance. Le bâton doit rester bien d'aplomb; on l'enfonce pour plus de facilité dans une plaque de plomb qui se trouve à l'avant de la boîte.

Selon que les morceaux qu'il a obtenus formeront des brillants, des roses ou du *rebut*, le cliveur les place dans les différents tiroirs auxquels correspondent des passages s'ouvrant à la surface de la boîte qu'il a devant lui.

Le clivage n'est pas toujours nécessaire. On y a recours pour enlever les parties défectueuses d'un cristal, telles que les taches ou points noirs et colorés qu'on appelle *grains*, les gerçures ou *givres;* et aussi pour donner au cristal la forme la plus propre aux opérations ultérieures de la taille.

La principale forme que le cliveur cherche à obtenir pour le brillant est le parfait octaèdre (kap brillant). Ce qui n'empêche pas que les plus beaux octaèdres (*quatre pointes*) soient souvent modifiés, pour donner à une pierre plus d'étendue et moins de profondeur que n'en comporterait la forme naturelle.

De même, lorsqu'il modifie un dodécaèdre (*deux pointes*) ou toute autre forme cristalline, un bon ouvrier cherche moins

à arriver à une proportion géométrique pure qu'à tirer le meilleur parti possible de ses pierres ; souvent même on pousse trop loin cette préoccupation et l'on conserve à un cristal plus de poids ou, à poids égaux, on lui donne plus d'étendue que ne l'exigerait un travail parfait.

On obtient aussi par le clivage des formes plates et triangulaires, résultat du clivage d'un des côtés de l'octaèdre. Ces plaques et d'autres encore, qui résultent des différentes directions du clivage, sont appelées *enden* et servent à la fabrication des *roses* ou sont utilisées dans l'industrie. Ce qui ne peut être employé avantageusement s'appelle *rebut.*

L'opération du clivage demande chez l'ouvrier beaucoup d'expérience et une grande connaissance non seulement des cristaux de diamant, mais encore des transformations ultérieures que doit subir ce minéral; quelquefois il exige une légèreté de main extrême et une grande délicatesse, alors surtout qu'il faut cliver ces lamelles de diamant, minces comme du papier, qui servent à faire les roses d'Anvers.

Aussi, de tous les travaux, dans l'art du lapidaire, celui du cliveur est-il le mieux rémunéré; comme c'est ce dernier qui doit calculer la forme la plus convenable à donner à un cristal ou la manière la plus profitable de le diviser, c'est aussi de lui que dépend souvent le bénéfice que réalisera le fabricant.

Il n'y a guère que deux cents ans que l'on sait cliver. Dans l'Inde et même en Europe, lorsqu'il s'agit de diamants d'une grande valeur, on les scie. Ce sciage se fait au moyen d'un fil d'acier enduit d'une pâte faite avec de la poussière de diamant, de l'eau et du vinaigre.

Brutage. — Les diamants clivés, quand ils ont dû subir cette opération et lorsqu'elle a été jugée inutile, tels qu'ils viennent de la mine, passent au *brutage*, où ils reçoivent un commencement de forme, qu'on appelle *ébauche* et qui correspond parfaitement à l'esquisse du peintre, à la maquette du sculpteur.

Cette opération sur le diamant est l'œuvre du diamant lui-même. Pour cela on fixe solidement deux cristaux sur une pièce de bois, comme on le fait pour le clivage, et on les frotte l'un contre l'autre jusqu'à ce qu'ils se soient donné réciproquement la forme désirée; le travail se fait sur une boîte, dont les chevilles de cuivre servent d'appui aux bâtons de l'ébruteur et qui s'appelle *égrisoir*, parce qu'elle est en même temps destinée à recevoir la précieuse poudre (*égrisée*) produite par le frottement des deux cristaux.

Ce travail est pénible et exige l'emploi de toutes les forces de l'ébruteur, qui, pour protéger ses mains, se sert ordinairement d'un gant de cuir épais. On a songé à faire exécuter cette opération difficultueuse par une machine : celle-ci munie,

d'une part, du diamant-outil animé d'un mouvement rapide de va-et-vient, entame et taille avec facilité le diamant brut qui lui est présenté sous toutes ses faces, par un chariot auquel on imprime un mouvement ascensionnel ou horizontal, pro-



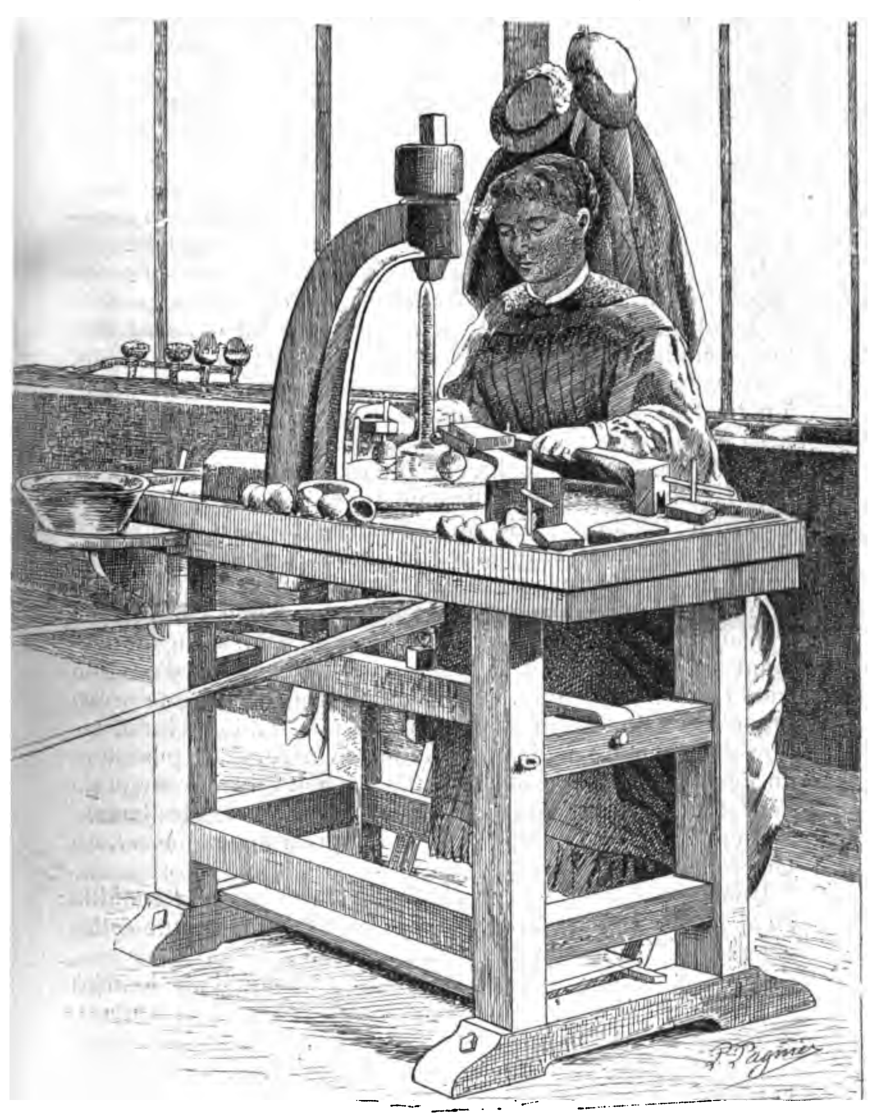
Brutage.

gressif ou rétrograde, oblique ou circulaire suivant les besoins et la volonté de l'ouvrier.

On préfère le travail à la main, car l'opération du brutage est très délicate; c'est elle qui prépare la pierre dont elle ébauche les formes, et quelque importance qu'ait le travail ultérieur du lapidaire, la voie a été tracée par l'ébruteur.

On voit dans la gravure ci-contre tous les outils nécessaires au brutage, y compris un appareil approprié d'éclairage.

Polissage. — Les brillants ou les roses ainsi préparés sont



Polissage.

rugueux, dépolis, absolument dépourvus de l'éclat que la nature leur avait donné. Ainsi le papillon est chrysalide avant de revêtir ces ailes légères de pourpre et de nacre qui lui

permettront de s'envoler pour vivre quelques heures dans un enivrement de lumière et d'amour.

C'est le *polissage* qui va transformer le caillou rugueux préparé par l'ébruteur en une gerbe de lumière profonde et resplendissante. Cette opération est si importante qu'on l'appelle aussi la *taille*, bien que ce mot comprenne les trois opérations par lesquelles doit passer un diamant brut pour devenir un *brillant* ou une *rose*. C'est que sans le polissage l'homme n'aurait fait que gâter le travail de la nature.

Voici comment procède le polisseur.

Avant tout, la pierre, telle qu'elle sort des mains de l'ébruteur, est enchâssée dans un mélange de plomb et d'étain.

L'opération de la mise en plomb est faite par un aide qu'on appelle *sertisseur*. Il chauffe la soudure à un bec de gaz jusqu'à ce qu'elle soit molle et il en remplit, en lui donnant une forme conique, une sorte de coquille en cuivre à tige solide. Au sommet du cône il place le cristal de manière que le côté à polir dépasse un peu la soudure.

La coquille est alors pincée dans une sorte de tenaille en acier et placée par le polisseur sur une roue en rotation, de telle façon que le côté du diamant qui doit être poli et qui est en saillie touche seul la roue. Des chevilles en fer fixées à l'établi empêchent les tenailles de dévier, et un lourd morceau de plomb augmente la pression du cristal sur la meule. Celle-ci est fixée à un axe vertical qui reçoit d'une courroie de transmission, et quelquefois d'un appareil à bras, un mouvement de rotation dont la vitesse prodigieuse est d'environ 2200 tours à la minute. Quand cette roue tourne, elle paraît immobile. Elle est en acier doux, afin de faciliter l'incrustation de la poudre à diamant qui la recouvre. Cette poussière ou *égrisée* provient soit de l'égrisoir (boîte du cliveur et de l'ébruteur), soit du pilon où l'on broie pour cet usage le diamant mal cristallisé et impropre à la taille qu'on appelle *boort*, ou encore le *carbonado*.

Quand une facette est polie, le lapidaire passe la coquille au *sertisseur* pour qu'il place la pierre de telle sorte que celle-ci présente à la meule une nouvelle face.

Il recommence cette opération jusqu'à ce qu'il ait donné à la pierre ses cinquante-huit facettes, s'il s'agit d'un brillant, et ses six, douze et vingt-quatre faces, s'il fait une rose.

Ce travail demande une grande habileté, beaucoup de goût et une précision infinie.

Il faut savoir trouver ce qu'on appelle le *fil de la pierre;* sans cette précaution, elle creuserait un profond sillon dans la meule; le métal le plus dur ne saurait y résister. Alors même qu'on pourrait l'obtenir, un polissage fait à contre-sens resterait mauvais. Mais la délicatesse du travail consiste surtout

dans la symétrie, la juste distribution, la proportion des facettes.

Tels sont les moyens employés pour donner aux diamants la forme la plus convenable. On ne peut s'empêcher de remarquer que dans cette belle industrie on a compris et pratiqué à Amsterdam et à Anvers la *division du travail*, bien avant que l'Écossais Adam Smith en eût proclamé le principe fécond. Il est vrai que dans le présent on cherchait plutôt la qualité que la quantité de la production.

La perfection du travail, voilà ce qui fait la supériorité des lapidaires d'Amsterdam et d'Anvers.

Aux Indes on sacrifie la forme à la valeur intrinsèque, c'est-à-dire au poids de la pierre. On y est dans la persuasion que le diamant est une substance si précieuse qu'il est important d'en perdre le moins possible. Aussi la taille y est-elle défectueuse et les effets optiques, trop peu étudiés en Europe, n'y sont nullement recherchés.

La taille favorite des Indiens est celle qui donne aux cristaux une forme de lame assez mince recoupée sur ses bords en biseaux. Certainement la limpidité de ces lames doit être incomparable, mais l'irisation et les jeux du brillant y manquent complètement. Leurs brillants, qu'ils appellent *labora,* sont taillés en table. Ils emploient aussi des pierres d'une forme particulière, appelées *œils d'idole.*

Nos goûts sont bien différents. Comme eux, nous taillons la rose qui darde de fort grands éclats de lumière; ceux-ci sont même, à proportion, plus étendus que ceux qui sortent du diamant brillanté; mais c'est pour cette dernière forme que nous gardons toute notre prédilection.

Le brillant est un vrai soleil : toute la lumière qu'il reçoit il la rend centuplée et suavement irisée, grâce à ses puissantes propriétés de réfraction, de réflexion et de diffusion savamment étudiées et utilisées par le lapidaire. Bientôt un point lumineux sera aussi multiplié que le nombre des facettes. Le rayon qui tombe sur l'une d'elles, sur la table par exemple, va frapper le fond formé par la culasse, revient en avant, toujours réfléchi par les facettes en opposition, jusqu'à ce qu'il traverse les faces des côtés, d'où il sort irisé comme d'un prisme éblouissant.

C'est l'ancienne taille des *pierres épaisses,* dite taille des Indes, qui nécessairement a dû faire naître l'idée du diamant brillanté, puisque ce dernier est divisé en deux épaisseurs et dans les mêmes proportions que les pierres épaisses, avec cette différence que dans celles-ci la table n'était environnée que d'un simple biseau et que le pavillon avait la forme rudimentaire d'un prisme renversé.

On ne taille plus les pierres épaisses; on a même retaillé en brillants toutes celles qui avaient reçu cette forme.

En parlant de la taille du brillant, nous avons moins l'intention de décrire le travail souvent routinier du lapidaire que de donner le spécimen d'un brillant parfait non seulement sous le rapport esthétique, mais aussi et surtout *au point de vue de l'optique*. Nous prendrons comme modèle un brillant carré.

Il faut pour cette taille un cristal octaèdre ou ramené à cette forme par une des nombreuses combinaisons que connaissent à fond le cliveur et l'ébruteur. La base des deux pyramides doit former un carré parfait et l'axe principal doit être exactement de même longueur que le côté du carré de la ceinture.

On forme ensuite la *table* en rabattant une partie de la pyramide de dessus, et la *culasse* en faisant la même opération, mais moins prononcée, au biseau inférieur. Voici dans quelles proportions doit s'opérer cette élimination :

On divise l'axe en dix-huit parties égales. Pour former la *table*, on ôte $\frac{5}{18}$ de l'axe de la partie supérieure et seulement $\frac{1}{18}$ de la partie inférieure qu'on appelle *pavillon*, où se trouve ainsi formée la culasse. Celle-ci aura donc une largeur cinq fois inférieure à celle de la table; c'est la meilleure proportion pour les effets d'optique.

Après ces opérations, qui forment le fond du brillant, il faut raccourcir les coins ou arêtes du vingtième de leur diagonale. Ils sont rabattus d'un sixième de moins que les côtés vers la table, et d'un huitième vers la ceinture.

On aura formé ainsi, sur chaque pyramide, d'une manière symétrique, huit pans ou faces, dont quatre, qui sont les faces primitives, plus grandes que les quatre autres, qui proviennent de l'élimination des arêtes. Les huit pans supérieurs reçoivent trente-deux facettes, dont huit sont des losanges et vingt-quatre des triangles. Leur réunion forme la *couronne*. Les losanges situés au milieu de chaque pan sont, ainsi que les triangles qui les flanquent, plus grands sur les faces primitives que sur les coins. On nomme *facettes à étoile* celles qui joignent la table, *facettes de traverse* celles qui tiennent à la *ceinture*, dite aussi *feuilletis*.

Les facettes de la partie inférieure doivent être de la moitié plus étendues que les facettes de dessus; c'est pour répondre à la proportion des biseaux, dont le supérieur représente un tiers de la pierre, tandis que l'inférieur, qu'on nomme *pavillon*, forme les deux autres tiers. De plus, les facettes qui touchent à la table et lui donnent la forme d'un octogone sont supprimées du côté de la culasse, ce qui réduit leur nombre à vingt-quatre. Un brillant dit *recoupé* a donc, en comptant la table et la culasse, cinquante-huit facettes.

Depuis assez longtemps on ne taille plus ainsi les brillants. La forme ronde est justement préférée : rien n'est changé au nombre et à la disposition des facettes, mais les huit biseaux

reçoivent la même dimension, ce qui entraîne l'égalité des triangles. On fait aussi, pour tirer parti de certains cristaux, des brillants ovales et allongés.

Les brillants d'un carat ou d'un quart de carat, comme ceux de vingt, quarante et cent carats, sont taillés de la même manière et n'ont pas une facette de plus les uns que les autres. Ce système est défectueux, non seulement parce qu'il ne donne pas aux grosses pierres tous les feux dont elles sont capables, mais encore parce qu'il les prive d'un des plus beaux et plus riches effets de la taille, nous voulons parler de l'effet prismatique. Pour que cet effet se produise, il ne faut pas que la lumière éclairante soit trop volumineuse, car les couleurs en se recouvrant produisent le blanc. En outre, lorsque les facettes sont trop larges, l'œil reçoit toutes les couleurs à la fois, ce qui les rend aussi blanches. Ces données scientifiques sont si indiscutables et si bien établies, que nous ne comprenons pas qu'on n'en ait tiré aucun profit. Il est inconcevable que le lapidaire traite les grands cristaux, dont la nature est si avare et que les grands de la terre payent si cher, exactement comme les pierres ordinaires. Ce fait ne s'explique que par la routine, qui arrête toute marche progressive et qui certainement, dans un avenir prochain, tuera les centres industriels où cet art important demeure si obstinément stationnaire.

M. Babinet, de l'Institut de France, qui avait été appelé par Wellington à étudier la taille du Koh-i-Noor, n'hésita point à déclarer que ce diamant de la couronne d'Angleterre, réduit par le lapidaire à 102 $\frac{3}{4}$ carats, avait été taillé suivant le *système désavantageux* des facettes peu nombreuses, lequel ne convient qu'aux pierres de médiocre dimension.

Roses. — Avec celle du brillant proprement dit, la taille la plus usitée est celle en *roses*, dont on se sert pour les diamants de peu d'épaisseur. La rose n'est pas formée de deux pyramides comme le brillant; elle s'élève en forme de dôme sur une base plate appelée *collette*. Sa forme ronde lui donne quelque ressemblance avec la fleur à laquelle elle doit son nom et dont les pétales nombreux et non encore épanouis sont stimulés par les facettes qui la recouvrent. Telle est, du moins d'après Jeffries, l'origine de son nom. Si elle est bien trouvée, nous ne le savons, mais ce dont nous sommes assurés, c'est que bien peu de personnes se plaindraient du manque d'analogie de cette comparaison si, pour un bouquet de roses, elles recevaient quelques-uns de ces cailloux gracieux qui ont volé son nom à la reine des fleurs sans en avoir ni le parfum ni les épines.

Nous avons déjà dit quelles sont les pierres qu'on utilise pour la taille des *roses*.

La pyramide du diamant en rose est formée à son sommet par la réunion de six facettes triangulaires et égales qui forment une étoile; six autres triangles sont appliqués aux précédents, base à base, et touchent à la circonférence ou base de la rose, sur laquelle reposent aussi douze triangles plus petits, qui s'enchevêtrent deux à deux avec les précédents. Ces vingt-quatre facettes couvrent la surface entière du *dôme*. Elles y produisent de très vifs éclats de lumière, mais peu ou point d'irisation et de jeu.

En règle générale, pour qu'une rose soit bien taillée, il faut que la hauteur de la pierre soit la moitié du diamètre de la base, qui est lui-même d'un quart plus grand que celui de la couronne. La perpendiculaire de la base à la couronne doit avoir les $\frac{3}{5}$ de la hauteur de la pierre.

Les roses emploient moins de matière que les diamants taillés en brillants : aussi le prix de ceux-ci, à poids égaux, est-il supérieur.

La rose à 24 facettes, que nous venons de décrire, s'appelle *rose de Hollande*. Quand le nombre des facettes est réduit à 18, elle porte le nom de *demi-Hollande*.

On taille à Amsterdam des roses vraiment microscopiques; il y en a de cinq cents, mille et même plus au carat.

Les roses dites *d'Anvers* à couronne plate se taillent uniquement en cette ville. Il y en a de 12 et de 6 facettes. Amsterdam a vainement essayé de s'en approprier le monopole; ses lapidaires, malgré la simplicité du travail, n'ont pu s'habituer à la légèreté de main et à la prudence qu'il faut pour lapider ces minces feuilles du précieux cristal.

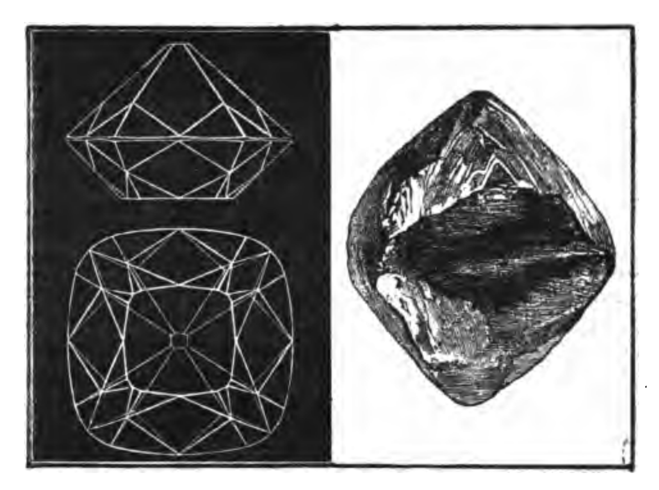
On fabrique les roses généralement avec des pierres dites *enden* et des *nates;* on donne cette dernière dénomination à des cristaux aplatis, composés le plus souvent de deux individus de forme triangulaire accolés suivant une face de l'octaèdre. Les deux cristaux naturellement unis sont séparés par le cliveur, qui obtient ainsi deux pierres auxquelles il suffira d'abattre les coins et de donner des facettes pour avoir deux roses.

Les *briolettes,* ou plus correctement les *brillolettes,* sont des diamants taillés en forme de poires et généralement percés. Aucune taille ne peut donner au diamant autant de feux, autant de transparence, on devrait dire autant d'immatérialité, que celle en briolette. C'est la perfection, c'est l'idéal de la taille. Nous avons déjà donné les raisons pour lesquelles le diamant le mieux taillé est celui qui a le plus de facettes, à la condition que celles-ci satisfassent aux lois de proportion et de symétrie que nous avons fait connaître. On trouve la démonstration de cette théorie dans une briolette bien taillée. Cette forme comporte deux parties distinctes : l'une, large et

épaisse, forme une sorte de ventre vers le milieu ou le bas de la poire; l'autre, amincie, représente la partie de ce fruit à laquelle adhère le pédoncule; c'est cette extrémité qui sera percée. Or les facettes étant plus larges sur le ventre et plus petites, et par conséquent relativement plus nombreuses, sur la partie amincie, il arrive que celle-ci est tellement resplendissante qu'on ne peut la comparer qu'à un rayon de soleil, tandis que la partie ventrue, parce que les facettes y sont plus larges, tout en ayant un éclat extraordinaire, paraît former un noyau dans cette auréole de lumière irisée.

On a répété à satiété que les Indiens ont été les premiers à percer les diamants ainsi taillés. Tavernier nous apprend comment, dans son voyage aux Indes, après de longues démarches, il trouva un ouvrier qui put percer deux briolettes qu'il avait vendues à un prince indien; ce lapidaire était d'Amsterdam.

Cette opération, sans doute difficile et entourée d'un certain mystère par les lapidaires qui la pratiquent et qui redoutent une concurrence facile, se fait actuellement avec une certaine rapidité. Un des maîtres de la taille, M. Bordinkes, d'Anvers, est arrivé à percer une briolette en vingt-quatre heures. Le même lapidaire a trouvé le secret de donner au diamant les formes concave ou convexe qu'on désespérait d'obtenir et qui



sont nécessaires pour l'application du plus réfringent des cristaux aux appareils d'optique.

Les *pendeloques* subissent une taille qui se rapproche de celle des briolettes; elles reçoivent, outre les petites facettes, une table et une culasse.

On appelle *pierre à portrait* un brillant formé par deux faces parallèles réunies par une même couronne facettée.

Ces formes, savamment combinées, donnent au cristal une

telle beauté qu'on a dit avec raison que l'invention de la taille a été une seconde création du diamant. Mais, comme toute perfection, celle-ci s'obtient au prix de grands sacrifices, car, sans compter le travail délicat et difficile du lapidaire, la taille diminue singulièrement le poids du précieux minéral.

Beaucoup de personnes ignorent combien on doit sacrifier de la rare substance pour amener une pierre à une forme régulière ; on est naturellement porté à regretter une telle perte et cependant on ferait un mauvais calcul si, pour lui conserver quelques fractions de carat, on laissait un diamant difforme, mal poli ou recouvert de facettes irrégulières.

En général, le diamant brut moyen perd à la taille la moitié de son poids ; les gros cristaux perdent davantage, alors surtout qu'on veut arriver à une forme correcte.

Il reste encore des progrès à réaliser dans l'art de tailler les diamants. Le nombre des facettes et leur disposition ne sont pas toujours en rapport avec les lois de l'optique, dont on ne tient pas un compte suffisant, et cela au détriment des effets qu'on pourrait obtenir.

(*La suite prochainement.*)

Note sur une illumination aurorale et crépusculaire du ciel observée dans l'océan Indien;

Par M. PÉLAGAUD.

Le 8 septembre 1883, me trouvant à Saint-Paul, sur la côte nord-ouest de l'île de la Réunion, j'aperçus, quelques instants après le coucher du Soleil et le commencement du crépuscule si court des régions tropicales, une lueur d'un rouge sombre et sanglant qui éclairait le ciel à l'horizon ouest-nord-ouest. A quelque distance du rivage et à travers les branches des arbres, on aurait dit l'incendie en mer d'un navire de pétrole. Mais, parvenu sur la plage, je reconnus bien vite qu'il s'agissait d'une lumière crépusculaire, formant au-dessus de l'horizon un arc de cercle à bords fondus d'environ 15°.

La lumière zodiacale est très marquée dans l'île à cette époque de l'année et occupe à peu près la même place dans le ciel. Mais il s'agissait là d'un tout autre phénomène, qui la masquait complètement et qu'il était impossible de confondre avec elle.

Le lendemain et les jours suivants, cet éclat orangé du crépuscule s'accentua et s'étendit peu à peu dans le ciel. Une heure après le coucher du Soleil, environ, l'illumination s'éteignait lentement et tout rentrait dans l'obscurité profonde des nuits tropicales.

Quelques jours plus tard, me trouvant à Saint-Benoît, à l'est de l'île, je pus m'assurer que le même phénomène se produi-

sait à l'orient, une heure environ avant le lever du Soleil.

Sur la fin de septembre, cette illumination quotidienne avait pris des proportions considérables. Durant les mois d'octobre et de novembre, c'était un spectacle féerique. Le Soleil se couchait comme à l'ordinaire; le jour baissait rapidement, puis tout à coup de grands arcs multicolores venaient empourprer l'horizon jusqu'au zénith. Une nuance verdâtre prenait d'abord naissance à l'endroit où le Soleil avait disparu; puis une zone jaune, une orangée, une rouge foncé enfin se fondait avec l'azur profond du ciel. Cela durait une demi-heure, trois quarts d'heure, puis tout pâlissait et s'éteignait peu à peu. A la fin du phénomène, on voyait les étoiles paraître sous la lumière comme à travers une gaze épaisse et lumineuse. Parfois les arcs resplendissants étaient traversés de grands secteurs sombres qui se comportaient comme si quelque obstacle eût intercepté à leur point de départ sous l'horizon les rayons lumineux, source de cette gloire immense et radieuse.

Le matin, le même phénomène se produisait au lever de l'aurore dans le ciel oriental, mais avec une intensité moindre.

Peu à peu le phénomène se déplaçait vers l'ouest, le sud-ouest et le sud-sud-ouest, semblant suivre le Soleil dans sa marche vers le pôle sud. A partir du milieu de décembre, cette illumination diminua rapidement d'intensité et, à l'heure où j'écris (31 décembre), elle s'est considérablement éteinte. Tout porte à croire qu'elle ne tardera pas à disparaître complètement.

L'année 1883 a été marquée dans l'océan Indien par des phénomènes météorologiques particuliers. A la Réunion, nous avons eu d'abord une sécheresse prolongée, et, pendant la première moitié de l'année, une atmosphère si pure, que les personnes même d'une vue médiocre pouvaient suivre facilement à l'œil nu la planète Vénus dans le ciel durant toute la journée.

Le volcan de l'île a donné en novembre quelque traces d'activité.

Enfin, la lame de fond produite par l'éruption volcanique du détroit de la Sonde s'est fait sentir sur nos côtes avec une force très remarquable le 27 août. On aurait dit un violent mascaret, et les navires qui nous arrivent de l'Inde traversent encore de vastes étendues de *lapilli* qui flottent à la surface de l'Océan.

Il était très curieux de savoir si cette illumination crépusculaire se produisait dans les régions hautes ou basses de l'atmosphère et un observateur placé au sommet du Piton des Neiges, à plus de 3000^m d'altitude, aurait pu s'en assurer. Malheureusement nos montagnes sont absolument désertes et très difficilement accessibles. Un observatoire construit sur

leur point culminant rendrait certainement les plus grands services à la Science.

Nous n'avons dans l'île ni spectroscope ni même aucune boussole de précision. Je n'ai donc pu faire aucune étude sur le phénomène en question et j'ai dû me contenter d'en décrire les apparences perceptibles à l'œil nu.

Mais, en faisant relever avec soin les journaux de bord des navires qui nous arrivent de tous les points de l'océan Indien, j'ai pu constater ce fait curieux, que cette illumination ou cette gloire aurorale et crépusculaire n'était visible que sur une zone allongée en forme de fuseau du sud-ouest au nord-ouest et dont la Réunion occupe presque le centre.

Cette zone est comprise à peu près entre 15° de latitude australe et 90° de longitude orientale d'une part, et 30° de latitude australe et 35° de longitude orientale d'autre part, 15° de latitude en largeur sur 55° de longitude. L'axe de cette zone est dirigé est-nord-est, ouest-sud-ouest, et passe à environ 5° au sud de la Réunion.

En effet, les navires qui viennent du nord-est commencent à remarquer ces levers et couchers du Soleil extraordinaires entre 14° et 16° de latitude sud; les couleurs du ciel deviennent de plus en plus vives à mesure que ces navires se rapprochent de la Réunion en courant au sud-ouest ou à l'est-sud-ouest.

Les navires qui viennent du sud-ouest (du Cap) remarquent le même phénomène dès qu'ils atteignent le 30e degré de latitude sud, entre les 35e et 40e degrés de longitude orientale.

Au contraire, les navires venant franchement du nord ou de l'ouest (des Seychelles ou de Madagascar) ne commencent à apercevoir ces gloires crépusculaires que lorsqu'ils approchent des atterrissages de la Réunion.

Je n'ai pu me procurer de renseignements sur ce qui se passe à l'est et au sud-est de l'île. Il n'y a que les paquebots de la ligne d'Australie qui fréquentent ces parages et il nous est impossible de communiquer avec eux, l'administration de la colonie les mettant depuis près d'un an en rigoureuse quarantaine. Mais il sera facile, en France, de se renseigner sur ce point.

En traçant sur un planisphère la zone lumineuse, telle qu'elle résulte des nombreuses observations de navires que j'ai pu recueillir, on constate que son axe part du détroit de la Sonde pour aboutir au sud de Madagascar, et coïncide avec la ligne de translation des cyclones. Enfin le phénomène a suivi à brève distance le mascaret produit par l'éruption de Java.

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE.

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

17 FÉVRIER 1884. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 203.

CONFÉRENCE DU 23 FÉVRIER,

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

Président : M. **Michel Bréal**, membre de l'Institut.

M. **Maurice Albert**, professeur au lycée Condorcet, traitera le sujet suivant : *Une Lecture publique à Rome sous l'empereur Trajan.*

Conférence sur le transport électrique de la force,

FAITE A L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE,

Par M. Marcel DEPREZ.

Mesdames, Messieurs,

La possession de la force mécanique est l'objet de la recherche constante de l'humanité. Depuis le jour où, dépassant l'usage de la force musculaire, pendant longtemps la seule connue, l'homme a découvert les forces naturelles, tous ses efforts n'ont cessé de tendre à mettre de plus en plus ces forces à sa disposition.

Malgré l'immense suite des années, malgré la somme des travaux dépensés, on doit reconnaître que le résultat poursuivi n'a été atteint que dans des proportions extrêmement restreintes. Nous pouvons nous faire quelque idée de la masse totale de force disponible sur notre globe par l'évaluation de la quantité totale de chaleur qu'il reçoit : la chaleur est, en effet, la forme générale sous laquelle toute l'énergie dont nous disposons arrive à nous. Or la chaleur solaire évapore, par seconde, sur la surface du globe, un cube d'eau de 250m de côté; en supposant que la hauteur moyenne des nuages soit de 2000m, cela équivaut à un travail hydraulique de 400 milliards de chevaux-vapeur, soit 800 chevaux par kilomètre carré. C'est à peine si, sur toute la surface du

globe, quelques millions de ces chevaux-vapeur sont utilisés. On remarquera même immédiatement que la plus grande part des forces appliquées n'est pas demandée à l'action directe de la chaleur solaire. Négligeant cette somme d'énergie si féconde, et qui semble si naturelle à choisir, l'homme s'est surtout adressé à une source artificielle, à la chaleur due à la combustion de la houille, qui d'ailleurs est elle-même un produit de la chaleur autrefois versée sur le globe.

La France, à elle seule, consomme par année 23 000 000 de tonnes de houille. Sur cette masse, une grande part est employée aux travaux de la métallurgie; environ 13 000 000 seulement servent à la production de la force. D'après la consommation moyenne des machines à vapeur, cela équivaut à une récolte d'environ 800 000 chevaux-vapeur, travaillant vingt-quatre heures par jour. Or, d'après ce qui vient d'être dit, la France reçoit, par kilomètre carré, 800 chevaux-vapeur en travail hydraulique; sa surface totale est de 500 000^{kmq} (justement le millième de la surface du globe). Il y tombe donc continuellement 400 000 000 de chevaux-vapeur; si l'on suppose que 0,01 seulement de cette force est utilisable, on disposera de 4 000 000 de chevaux-vapeur, force cinq fois égale à celle que la houille nous donne.

Si l'on se demande pourquoi une pareille quantité d'énergie reste presque entièrement perdue, malgré le besoin toujours grandissant de la force, qui se manifeste par la consommation énormément croissante de la houille, la réponse sera assez facile à trouver. Nous recherchons la force, pour l'appliquer à la manutention de certaines matières; en un mot, c'est afin de nous en servir pour la constitution d'usines et d'ateliers. Or ces établissements ne peuvent subsister que s'ils sont à même de recevoir facilement les matières qu'ils traitent et d'exporter aisément les produits qu'ils fabriquent; c'est-à-dire qu'ils ne peuvent être installés qu'en certains points voisins soit d'une voie de transport, soit d'un centre d'activité. D'autre part, les forces naturelles, et spécialement les chutes d'eau, se manifestent où il leur plaît; presque toujours, en raison même de leur nature, dans des lieux d'un accès pénible; la difficulté qu'on rencontre à les utiliser ne consiste pas dans ces forces mêmes, on a les moyens de les recueillir, mais bien dans leur situation. Au fond, pour récolter ces immenses forces perdues, pour enrichir notre pays d'une masse d'énergie telle qu'il faudrait brûler 65 000 000 de tonnes de houille par an dans les machines pour la développer, la question à résoudre est uniquement une question de transport de la force.

On voit, messieurs, par ces considérations, quelle est l'importance du problème, et quelle valeur présenteront les solutions qui, tout en restant plus ou moins parfaites, parviendront

à le résoudre dans sa généralité comme le fait le transport électrique.

Mais la nécessité du transport est si grande que, même sans prétendre à le réaliser, dans les conditions larges qui viennent d'être définies, on a déjà constitué un certain nombre de systèmes dont l'utilité a été incontestable, les applications fréquentes, et dont il sera utile de dire rapidement quelques mots avant d'aborder le sujet proprement dit.

En réalité, il n'y a presque pas d'exploitation mécanique sans transport de force ; bien rarement la machine-outil est directement attelée sur la machine motrice : il existe toujours entre les deux un ensemble d'organes qu'on nomme en général la *transmission*, dont le but est de prendre la force à la machine motrice pour la porter à la machine-outil, et la lui transmettre, assez souvent, en la divisant et la transformant. Ces organes, formés d'arbres tournants, de courroies et d'engrenages, constituent un véritable mode de transport ; toutefois leur portée est si restreinte, qu'on n'a pas coutume de les envisager à ce point de vue.

Le plus simple mode de transport est le câble télodynamique de Hirn. Il est d'ordre purement mécanique, directement issu des moyens précédents, et consiste en des câbles formant courroies successives, courant à grande vitesse sur des poulies appropriées. On l'applique en général pour des portées ne dépassant pas 500^m à 600^m, toutefois on la pousse jusqu'à 2000^m : il est vrai que dans ces conditions son *rendement* diminue beaucoup.

Voici, messieurs, une expression qui ne pouvait manquer de se présenter dès le commencement de cette conférence et qu'il faut définir, car nous la rencontrerons sans cesse.

Dans tout transport de force, il y a une perte, une perte inévitable, qui peut être réduite, mais non supprimée ; dans aucun cas, on ne recueille à l'arrivée toute la force qu'on dépense au départ, il y a toujours un déficit, la récolte ne représente qu'un certain *pour cent* de la dépense : ce pour cent, cette proportion, est le *rendement* ; vous dépensez 100 chevaux, vous en recueillez 80, le rendement est de 80 pour 100.

A faible portée, le rendement des câbles télodynamiques est très bon : il peut monter à 90 pour 100. Plus loin, ainsi que je viens de le dire, la proportion s'abaisse rapidement ; vers 2000^m, elle est faible, au delà le fonctionnement serait de plus en plus mauvais.

Un moyen plus compliqué, mais plus puissant, est l'usage de l'eau comprimée. On établit, du centre aux points où la force doit être transmise, un réseau de canalisation ; au point central, une machine à vapeur comprime de l'eau, à une

pression très élevée, généralement 40^{atm} à 50^{atm}; aux points de travail sont des machines hydrauliques qui entrent en action dès que l'eau y est admise. De belles installations de ce genre existent aux ports d'Anvers, de Marseille, aux ateliers de la gare du Nord. La portée de ce procédé peut aller jusqu'à quelques centaines de mètres; limite extrême environ 2^{km} à 3^{km}; mais il suppose des canalisations extrêmement résistantes, dont l'installation est fort coûteuse, et qui ne peuvent être établies qu'à certaines conditions et dans des terrains propices. Le rendement favorable aux petites distances s'abaisse rapidement lorsqu'on s'éloigne, en raison des résistances que le mouvement du liquide dans les tuyaux éprouve par suite du frottement.

Un troisième moyen est l'emploi de l'air comprimé : les procédés sont analogues à ceux que je viens d'esquisser pour l'eau comprimée, seulement l'air comprimé s'emploie à des pressions moins élevées : la portée est plus grande, mais le rendement moins bon que dans le cas précédent. Une expérience curieuse mérite d'être citée à cet égard. Paris possède, comme on sait, un réseau de tubes pneumatiques servant au transport des dépêches; celles-ci sont enfermées dans une boîte ronde formant une sorte de projectile et sont chassées dans le tube par l'air comprimé derrière elles. Le service de ces dépêches absorbe un travail de 120 chevaux-vapeur fourni par des machines. Or M. Bontemps, ingénieur des télégraphes, a fait l'expérience que voici : il a supprimé complètement les boîtes à dépêches et s'est aperçu que le travail ne diminuait pas, il se dépensait tout entier à faire mouvoir la colonne d'air qui remplit les tuyaux. En réalité, c'est là le vrai travail, le transport des dépêches est obtenu par surcroît; le travail inutile est de beaucoup supérieur au travail utile.

Néanmoins ce système de transport n'offre pas toujours autant d'inconvénients, et dans certains cas il présente des avantages spéciaux : par exemple, dans les percements de tunnels, on a généralement besoin d'aérage en même temps que de force; le système à air comprimé satisfait les deux besoins. Quand la portée est un peu sérieuse, soit 2^{km} ou 3^{km}, le rendement est assez faible, on admet assez généralement 25 pour 100.

Je ne prétends pas, messieurs, donner ces nombres comme absolus, et ce n'est pas ici le lieu ni le moment de discuter à fond la valeur comparée de ces divers systèmes. Je devais seulement constater que leur portée n'est pas fort grande, et que leurs rendements s'abaissent assez rapidement lorsque la distance s'accroît; ce sont des solutions du problème, le transport même des solutions limitées.

Avant de parler du transport électrique, il faut définir rapidement quelques termes inévitables.

Lorsqu'un mouvement électrique se manifeste dans des corps, nous devons admettre qu'il a une cause, et cette cause, dont nous ne connaissons pas la nature, porte le nom de *force électromotrice*. Comme toutes les autres forces, dont au reste la nature réelle nous est également inconnue, elle est susceptible de mesure ; on pourrait, par exemple, l'évaluer en se rapportant à un corps ou à une combinaison de corps qui, mis en présence, donnent naissance à une force électromotrice connue, comme le font les piles électriques ; un élément de pile bien connu et bien constant, la pile de Daniell, par exemple, pourrait jouer le rôle d'unité de force électromotrice. C'est, du reste, à peu près ce qui a lieu ; l'unité qui a été choisie pour la force électromotrice, et que l'on nomme le *volt*, se rapproche beaucoup de la force électromotrice d'un élément de pile type Daniell ; donc, lorsqu'on cite un nombre de volts, mille par exemple, on peut se les représenter en imaginant une pile de mille éléments Daniell disposés de façon que leurs forces électromotrices s'ajoutent toutes.

Lorsqu'une force électromotrice agit d'une façon permanente dans un circuit conducteur fermé sur lui-même, il y a une certaine *quantité* d'électricité continuellement en mouvement dans ce circuit ; c'est ce qu'on nomme le *courant* électrique, et la quantité d'électricité qui passe dans chaque unité de temps est son *intensité* (en supposant, bien entendu, que le courant soit constant). Faraday a montré, d'une part, que l'intensité est la même dans tous les points d'un circuit ; de l'autre, que si l'on fait produire à un courant des travaux chimiques, par exemple si on l'emploie à décomposer de l'eau, la quantité d'eau décomposée sera à chaque instant porportionnelle à l'intensité ; les travaux chimiques pourraient donc servir de mesure à celle-ci.

Enfin, si nous appliquons une même force électromotrice à des circuits différents, nous verrons qu'elle y fait circuler des intensités différentes ; le circuit a donc une influence sur le courant ; cette influence est nommée la *résistance* ; tous les corps, si bons conducteurs qu'ils soient, opposent de la résistance au courant électrique. Nous ignorons comment cela a lieu, mais nous savons que la présence de cette résistance se manifeste par une production de chaleur qui naît sur le passage du courant. Une pile électrique pourrait être ainsi le moyen d'obtenir des températures absolument illimitées. Si en effet on pouvait conserver sur un corps la chaleur qu'y apporte le courant, comme celui-ci ne cesse jamais d'en apporter, la température s'élèverait toujours. C'est par un procédé de ce genre que M. Depretz a pu fondre

le platine, ramollir le charbon; c'est également ainsi que MM. Siemens ont mis en fusion très rapidement des lingots de platine et de fer.

Ces notions théoriques, si vagues qu'elles soient, nous suffiront pour l'esquisse théorique que nous prétendons tracer aujourd'hui.

Dès l'origine, messieurs, on eut l'idée de demander à l'électricité le travail mécanique. Cette idée ne pouvait manquer de naître aussitôt que l'on connut l'électro-aimant. On sait en quoi consiste cet appareil; un morceau de fer doux s'aimante lorsqu'on fait circuler autour de lui le courant électrique, et perd immédiatement son aimantation lorsque le courant s'arrête. On peut donc lui faire à volonté attirer et quitter une armature de fer, ce qui donne un mouvement alternatif : c'est le principe essentiel des télégraphes. Ces actions peuvent être très puissantes : certains électro-aimants peuvent porter 1000^{kg}, celui que possède la Sorbonne est de cette puissance.

Dès l'origine on obtint des résultats, et, en 1839, M. Jacobi fit circuler à Saint-Pétersbourg, sur la Néva, un petit bateau conduit par l'électricité. De grands efforts furent tentés dans cette direction; des inventeurs éminents y dépensèrent leur existence : il faut parmi eux citer surtout Gustave Froment; dans leurs études la question fut retournée en tout sens, l'action de l'électro-aimant utilisée sous toutes les formes; le succès ne vint pas.

La cause de cette impuissance était dans le principe même : l'aimantation et la désaimantation du fer, qui semblent si rapides, sont très loin d'être instantanées; quand l'électro-aimant est puissant, la durée de ces actions atteint plusieurs secondes. D'ailleurs, ces alternatives magnétiques entraînent une perte de force très notable. Ces défauts pourraient être atténués si les aimantations pouvaient être plus fréquentes; en effet, les actions magnétiques ne sont puissantes qu'à une très petite distance, en sorte que, pour obtenir du travail, il faut agir à l'aide de mouvements très petits et très répétés: les défauts alors prennent toute leur importance et empêchent tout travail sérieux. Ajoutez que, dans les électro-aimants, toute rupture du courant entraîne des *acoups* électriques, comparables à ce qu'on nomme en Hydraulique le coup de bélier, acoups très dangereux pour les isolants, et qui, en outre, lorsque les appareils sont puissants, font naître des étincelles auxquelles les commutateurs ne résistent pas.

Le succès, qui était impossible dans la direction où on le poursuivait, devait être atteint par une autre voie, à l'aide de machines différentes, fondées sur un principe différent et qui prenaient naissance pendant que les recherches s'égaraient, ainsi que nous venons de le voir.

Le principe dont il s'agit est le suivant. Considérons un aimant : il exerce autour de lui une certaine influence à laquelle sont soumis les corps magnétiques placés à sa portée ; l'espace dans lequel s'exercent ces actions est ce qu'on nomme le *champ magnétique* de l'aimant ; si l'on place dans ce champ un fil conducteur parcouru par un courant, une action mécanique prend naissance, le fil tend à se déplacer dans le champ. La grandeur de l'effort ainsi développé dépend de plusieurs quantités : d'abord de la puissance magnétique du champ que nous nommerons H, ensuite de la longueur l du fil soumis à l'action de ce champ..., enfin de l'intensité I du courant que traverse ce fil. L'expérience montre que cet effort est proportionnel au produit HlI.

Ce principe a aujourd'hui donné naissance à un grand nombre de machines ; toutefois, il n'a pris son importance réelle que le jour où le professeur Pacinotti a indiqué pour la partie mobile la forme d'un anneau, sur lequel les fils enroulés sont divisés en un grand nombre de sections très petites ; on réalise ainsi, dans les actions magnétiques et électriques, une quasi-continuité qui approche autant qu'on le veut de la continuité complète et supprime tous les défauts que nous avons signalés dans les premiers types de machines.

Remarquons en passant que, en vertu d'une loi connue sous le nom de *loi de Lenz*, si le champ magnétique tend à déplacer un fil dans lequel passe un courant, réciproquement, si l'on déplace dans le champ un fil conducteur, il naîtra dans ce fil une force électromotrice ; cette action sera proportionnelle au champ H, à la longueur du fil l et à la vitesse v du passage : on l'exprimerait donc à l'aide du produit lHv. L'appareil ainsi employé sera un générateur d'électricité. On sait que c'est à ce point de vue qu'il fut considéré principalement, et c'est pour produire les courants électriques que furent créées les machines si connues de Gramme et de Siemens ; cependant c'est en cherchant un moteur qu'on y fut conduit et qu'on reconnut leur double propriété de donner l'électricité quand on leur fournit le mouvement, et au contraire le mouvement quand on leur donne l'électricité, propriété très curieuse qui a reçu le nom de *réversibilité*.

Nous n'entreprendrons pas, messieurs, de décrire ici ces appareils ; leur disposition est en elle-même étrangère à notre sujet. Il nous suffit de savoir qu'ils fournissent à la fois de très bons générateurs et de très bons moteurs électriques. En plaçant un de ces appareils sur le courant d'une pile, nous réaliserons la production directe de la force mécanique par l'électricité ; en mettant dans un circuit deux de ces appareils, l'un recevant du travail pour engendrer de l'électricité, l'autre

recevant l'électricité pour rendre du travail, nous aurons atteint le transport de la force.

Cette application des machines fut entrevue, il y a vingt ans environ; elle fut mise en lumière, en 1873, à l'exposition de Vienne, à l'aide de machines de Gramme, alors dans toute leur nouveauté. Dans les années qui suivirent, divers essais curieux furent tentés; il faut citer principalement ceux de MM. Chrétien et Félix à Sermaize, et de MM. Menier à Noisiel, en 1879, où les forces transmises eurent quelque importance et furent d'ailleurs d'assez longue durée. Ils firent beaucoup de bruit à ce moment et intéressèrent vivement le monde électrique. Cependant on ne possède pas de nombres précis constatant les résultats. Néanmoins on peut reconnaître que ces expériences et toutes celles qui furent faites dans le même temps présentent un trait commun. Dans toutes, la distance est faible, 2^{km} ou 3^{km} généralement, 4^{km} ou 5^{km} au plus, et la ligne conductrice qui réunit les deux machines est formée d'un fil ou d'un câble de cuivre de gros diamètre : aussitôt qu'on voulait allonger la distance ou diminuer le diamètre du fil, on voyait la perte qui existe dans ce mode de transport comme dans tous les autres s'exagérer rapidement, le rendement, par conséquent, s'abaisser et le transport devenir impraticable. On peut s'expliquer ces faits d'après les notions que nous avons données sur les actions électriques; nous avons dit que le courant, lorsqu'il circule dans un fil, y rencontre toujours une certaine résistance et y fait naître de la chaleur; cette production calorique absorbe une partie de l'énergie du courant, qui est perdue pour le travail à recueillir et constitue ainsi le déficit que nous avons signalé. Dans ces premiers essais, on ne trouvait moyen d'amoindrir ce déficit qu'en donnant à la ligne de faibles résistances, ce qui suppose que la distance est courte et le fil gros. Il est aisé de voir que de telles restrictions limitent le champ des applications de façon à en faire presque disparaître l'inutilité. Nous avons dit, en effet, qu'on possédait des modes de transport de la force allant aux petites distances et marchant convenablement; d'ailleurs, si la source de force est importante et la distance petite, l'usine saura bien se transporter elle-même. Il faut donc pouvoir aller loin; mais alors on ne peut faire usage de conducteurs de gros diamètre, le prix seul de la ligne rendrait l'installation impossible; le transport électrique de la force n'est pas une expérience, il doit devenir une industrie, il a donc à compter avec les questions économiques; si l'on veut aller loin, il faut que la ligne soit faite de fil fin pour être peu coûteuse. Conclusion : pour que le transport soit réellement applicable, il faut que l'électricité y soit employée de façon à

pouvoir franchir de grandes résistances sans éprouver une trop grande perte d'énergie.

Tel était l'état de la question lorsque je commençai les travaux dont je dois maintenant vous exposer les grandes lignes et vous indiquer les résultats. Pour cela, nous devons examiner d'un peu plus près comment s'opère le transport de la force par l'électricité.

Considérons donc deux machines, que pour plus de simplicité nous supposerons semblables, réunies par un circuit conducteur. La première est reliée à un moteur, une machine à vapeur par exemple; elle doit engendrer l'électricité et pour cette raison sera nommée la *génératrice*; la deuxième est obligée, pour tourner, de vaincre une résistance mécanique; par exemple, de soulever un poids, en sorte que par chaque tour elle devra exécuter un travail déterminé; cette deuxième machine que reçoit le courant de l'autre sera dite la *réceptrice*. De plus, et afin d'étudier le phénomène, nous mettrons dans le circuit un appareil nous indiquant à chaque instant l'intensité du courant qui passe.

Les choses étant ainsi disposées, nous mettons le moteur et la génératrice en mouvement; d'abord le système va lentement, alors la réceptrice ne bouge point, le galvanomètre indique une intensité. Nous accélérons peu à peu le mouvement, l'intensité monte toujours, et ainsi jusqu'à ce que, pour une certaine vitesse, la réceptrice commence à tourner très lentement; elle ne fait, en termes techniques, que démarrer; le galvanomètre qui n'a cessé de monter indique alors une certaine intensité. A partir de ce moment, le phénomène change de face. Élevons encore la vitesse de la génératrice, de cent tours par exemple, la vitesse de la réceptrice augmentera de la même quantité; quant au galvanomètre, il n'aura pas bougé, et en continuant nous verrons aussi les vitesses des machines s'accroître ensemble, le galvanomètre conservant invariablement la même situation, et par conséquent l'intensité demeurant constante.

Si nous recommençons l'expérience en chargeant la réceptrice d'un poids différent, les faits se produiront dans le même ordre, seulement la réceptrice démarrera pour une autre vitesse de la génératrice et l'intensité à laquelle se fixera le galvanomètre sera différente.

Cette expérience nous permet de constater plusieurs faits très importants. Rappelons d'abord que, suivant ce que nous avons dit, une machine qui tourne engendre toujours une force électromotrice. La génératrice et la réceptrice tournant toutes deux doivent donc fournir chacune une force électromotrice; si nous examinons le sens de leurs rotations, nous

voyons que la force électromotrice engendrée dans la réceptrice est de sens contraire à celle qui naît dans la génératrice. Elles tendent donc à s'annuler, et, si elles étaient égales, il n'y aurait pas de courant : comme il y a un courant, c'est que l'une d'elles est plus grande ; on voit immédiatement que c'est celle de la génératrice qui tourne plus vite que l'autre machine. Dans la première phase, la réceptrice ne tournait pas; le courant n'avait cessé de croître avec la vitesse de cette génératrice, et cela jusqu'à ce qu'il ait atteint une intensité suffisante pour surmonter l'effort imposé à la génératrice ; celle-ci est alors entrée en action, et à partir de ce moment sa force électromotrice inverse a crû avec sa vitesse et a constamment compensé l'accroissement de la force électromotrice de la génératrice : cela était visible dans l'expérience, puisque la vitesse de l'une croissant de cent tours, la vitesse de l'autre croissait également de cent tours.

Quant aux travaux dépensés et produits, nous voyons que, de part et d'autre, ils sont proportionnels aux vitesses des deux machines ([1]) ; or celles-ci sont, comme nous le savons, proportionnelles aux forces électromotrices; le rendement sera donc obtenu par le rapport de ces forces ou le rapport des vitesses. Il est bien entendu que cette évaluation ne tient compte que des éléments électriques et devra être diminuée en raison des résistances mécaniques.

Enfin l'expérience nous apprend encore, et c'est une loi très importante, qu'à un travail déterminé fait à chaque tour de la machine réceptrice correspond une intensité donnée, et une seule, du courant.

Nous voici à même de réaliser par seconde avec notre système un travail déterminé : sachant combien la réceptrice fait de travail par tour, nous saurons combien elle doit faire de tours par seconde : cela nous apprendra quelle doit être la vitesse de la génératrice, et de ces deux nombres nous déduirons le rendement, cela bien entendu avec la ligne conductrice que nous avons installée, et sur laquelle les expériences ont été faites.

Eh bien, les choses étant ainsi, je dis qu'on peut obtenir les mêmes résultats comme travail et comme rendement à toute distance par une simple modification des machines.

Prenons un exemple et supposons que la distance soit devenue 25 fois plus grande; la résistance de la ligne sera également 25 fois plus grande. Nous enroulerons alors sur nos deux machines, à la place du fil de cuivre qu'elles portaient,

---

([1]) Les efforts mécaniques étant d'ailleurs les mêmes dans les deux machines, puisqu'ils ne dépendent que de l'intensité du courant et non du sens ou de la grandeur de la vitesse.

un nouveau fil de section 5 fois plus petite; en échange nous ferons avec le nouveau fil 5 fois plus de tours qu'il n'y en avait; le volume des machines restera ainsi le même. Cette modification accomplie, remettons en marche à la même vitesse; que va-t-il se passer?

D'abord, le fil de chaque machine étant 5 fois plus long qu'il n'était, la résistance est devenue de ce chef 5 fois plus grande; de plus, sa section étant devenue 5 fois plus petite, la résistance est encore devenue 5 fois plus grande. Elle est donc en somme 25 fois plus grande qu'elle n'était : elle a donc grandi dans la même proportion que celle de la ligne, et la résistance totale du système est 25 fois plus forte.

La vitesse de la génératrice est restée la même, mais la longueur du fil soumis à l'action inductrice est 5 fois plus grande : ainsi que nous le savons, la force électromotrice sera 5 fois plus grande. La résistance étant 25 fois plus forte, l'intensité sera diminuée; les lois du courant nous apprennent u'elle sera devenue 5 fois plus petite. La réceptrice reçoit donc une intensité 5 fois plus petite, mais le courant agira sur une longueur de fil 5 fois plus grande; en somme, l'action motrice restant la même, la réceptrice fera le même travail par tour : elle va donc reprendre la même vitesse que précédemment. Nous retrouverons dans ces conditions nouvelles le même travail, la même vitesse et le même rendement qu'auparavant, ce qu'il fallait obtenir.

Cette démonstration résumée, pour ainsi dire schématique, et qu'il faudrait développer pour lui donner toute sa vigueur, nous suffira, messieurs, pour faire comprendre comment il était possible d'obtenir des résultats supérieurs à ceux qu'on avait atteints, et comment, par une analyse plus complète du phénomène, on pouvait indiquer avec précision les moyens à employer pour réaliser ces effets nouveaux jusque-là inaccessibles.

En somme, comme on le voit, le fond de la méthode consiste dans l'emploi de forces électromotrices élevées; la difficulté était de savoir les produire et les ajuster aux conditions de chaque problème. La solution que j'ai indiquée, et qui consiste à employer sur les mêmes machines des fils plus fins, n'est pas nécessaire; nous ne recherchons pas la finesse des fils pour elle-même, elle est au contraire une gêne. Nous l'acceptons, lorsque la petitesse des machines nous y force, pour obtenir la force électromotrice; mais il est de beaucoup préférable d'agrandir les machines; j'ai pu démontrer par avance que l'on gagnait ainsi de toutes les façons.

J'ai dû, pour ces études, entreprendre un examen complet de ces appareils; je me garderai d'entrer dans le détail trop

technique de ces travaux : je dirai seulement qu'un des principaux moyens dont j'ai fait usage est la représentation graphique des résultats; une courbe nommée *caractéristique* a permis de résoudre dans la question des machines des problèmes que l'Algèbre n'eût pu attaquer.

Je dois, parmi eux, citer la très importante question de la distribution de l'électricité. Il ne suffira pas, en effet, de transporter les forces : il faudra encore les diviser. La question du transport a d'autant plus d'intérêt qu'on s'attaquera à des sources de force plus puissantes; les chutes d'eau fournissant 1000, 2000, 5000 chevaux-vapeur et plus, ne manquent pas et ces masses de travail peuvent très bien passer sur un fil; seulement, une fois amenées au centre d'activité, quelle usine demandera de pareilles sommes de force ? Il faudra les répartir. L'électricité doit se prêter à cette répartition. J'ai donné de ce problème une solution dont un exemple a figuré à l'exposition d'électricité de 1881; elle offre ceci de remarquable que le résultat est obtenu sans l'intervention d'organes mécaniques et seulement par la juxtaposition de deux courants passant dans deux circuits distincts sur la même machine, le tout combiné avec l'usage de vitesses précises déterminées en raison des conditions de construction de la machine.

Au temps où cette solution fut exposée, ces questions n'étant pas encore très mûres, elle ne parut pas attirer l'attention autant que le méritait l'importance du sujet; depuis, le principe sur lequel elle repose a été appliqué partout, et l'on voit maintenant de tous côtés des machines portant deux circuits distincts : on leur a donné le nom de *machines compound*.

Il faut ajouter du reste que le problème de la distribution électrique pris dans toute sa généralité est extrêmement étendu et complexe. Il suppose la solution de nombreux problèmes accessoires, de régulation, de comptages, etc. J'ai été naturellement conduit à attaquer ces questions; l'heure n'est pas venue de développer les résultats de ces travaux, l'expérience pratique n'ayant pas encore pu les confirmer; je citerai seulement un procédé de régulation des machines qui me permet, comme vous le voyez, sans jamais rompre le courant ni varier les résistances, de ralentir, arrêter, renverser la machine absolument à volonté par le simple mouvement d'un bouton tournant. Je le répète, je ne puis entrer dans les détails; j'ai cru seulement devoir indiquer quelques points spéciaux de ce travail, afin de faire comprendre mieux l'immense étendue et l'importance de la question.

Ayant ainsi esquissé bien vaguement et à bien grands traits l'ensemble théorique qui a permis d'attaquer franchement et

dans sa généralité le problème du transport électrique de la force, il me reste à vous dire rapidement comment il a franchi le pas difficile qui sépare la théorie de l'application pour arriver au seuil de la période industrielle où nous le voyons aujourd'hui.

Les expériences en grand commencèrent aussitôt après l'Exposition de 1881; elles se tinrent d'abord dans le laboratoire; on vérifia soigneusement tous les principes, toutes les lois que la théorie avait fait découvrir et qui viennent d'être signalés. En même temps, on transforma des machines anciennes suivant le mode de calcul qui a été indiqué, afin de les approprier au transport à grande distance. On avait bien reconnu dès l'origine que les anciens types ne pouvaient se prêter complètement aux exigences de cette application nouvelle et qu'il faudrait les transformer complètement; mais, avant de se lancer dans cette voie nouvelle, une expérience par simple modification ne pouvait qu'être utile et apporter des renseignements précieux.

Deux machines type Gramme furent enroulées avec des fils nouveaux calculés pour le transport à une distance d'environ 50^{km}, le conducteur étant une ligne télégraphique telle que l'administration les installe d'ordinaire. Naturellement la ligne fut représentée dans le laboratoire par des lignes artificielles, et l'on put bientôt annoncer à l'Académie que le transport avait été réalisé à travers des résistances dépassant énormément ce qui avait été fait jusque-là.

Il fallait évidemment aller plus loin, c'est-à-dire se placer sur des lignes réelles. Comme on s'occupait de les trouver, ce qui n'est pas facile, une proposition vint d'Allemagne qui répondait très bien au désir. Une exposition d'électricité s'installait à Munich; la commission d'organisation me proposa d'appliquer mes théories et d'opérer un transport entre Augsbourg et Munich sur une distance de 52^{km} environ. Si une telle expérience était fort désirable, il n'y en avait pas moins quelque péril à la tenter ainsi pour la première fois publiquement. Appuyé sur la théorie, sur les expériences déjà faites, je crus qu'il ne fallait point reculer; je demandai seulement à ce qu'on vérifiât l'isolement de la ligne, c'est-à-dire qu'on s'assurât qu'elle ne laissait pas échapper le courant; une expérience directe, faite par les ingénieurs allemands, montra que la perte était d'environ 2 pour 100; dans ces conditions, j'acceptai.

Je dois dire que la commission allemande ne paraît pas avoir été, à l'origine, pénétrée d'une grande confiance. La lettre qui m'avait été adressée s'égara, en sorte que ma réponse se fit attendre; voyant que le silence se prolongeait, on crut d'abord à Munich que je n'accepterais point, et le

président, M. le docteur von Beetz, ne s'en étonna point, ainsi que lui-même me le dit plus tard : « Je m'y attendais bien, disait-il au secrétaire, c'était vraiment trop demander ; où en serions-nous si tous les savants étaient ainsi obligés d'appliquer les théories qu'ils ont émises ? » L'acceptation arrivée, les machines installées, on douta encore du succès ; aussi, lorsque les appareils entrèrent en mouvement, il me sera permis de dire que le succès fut très grand. Comme résultats précis, malgré divers accidents, il fut relevé des nombres intéressants ; on les trouve consignés dans le rapport officiel de la commission d'études allemandes, qui reconnut un travail recueilli de 0,25 chevaux-vapeur, avec un rendement électrique de 38,9 pour 100, le transport qui s'opérait entre Munich et Miesbach franchissant une distance de 57^{km} sur des conducteurs en fil de fer de $0^m,004$ formant une ligne télégraphique ordinaire.

Cette expérience fut un grand pas ; une fois accomplie, elle permettait d'aborder la construction de machines nouvelles. Un type fut déterminé, la construction commencée et conduite à bonne fin ; une seule machine fut d'abord faite ; il faut marcher pas à pas dans les voies nouvelles. Lorsqu'on l'eut en main, on la soumit naturellement, dans le laboratoire, à toutes les épreuves ; mais cela ne pouvait suffire, et il fallait l'essayer en ligne. La compagnie du chemin de fer du Nord fut alors très complaisante ; elle trouva une ligne télégraphique, prêta dans ses ateliers de la place, et fournit la force. Comme il s'agissait uniquement d'une étude, je choisis la disposition la plus favorable aux mesures ; la génératrice, qui était la machine du nouveau type, et la réceptrice, qui était une ancienne machine Gramme, grand modèle, convenablement transformée, furent placées l'une près de l'autre dans les ateliers du Nord ; la ligne télégraphique allait jusqu'au Bourget et revenait par un autre fil ; sa longueur totale était de $17^{km},5$. Les expériences furent entravées par divers ennuis, dont le principal fut que la machine nouvelle reçut une pluie torrentielle au moment où on la débarquait, en sorte que ses isolants pénétrés d'eau ne permirent pas de lui faire donner la force électromotrice qu'elle devait fournir. Mais l'attention générale était fixée sur ces expériences ; l'Académie des Sciences avait nommé une commission chargée de lui faire un rapport ; les jours étaient pris, il n'était plus possible de reculer ; malgré tout, on dut expérimenter.

Malgré tant d'obstacles, il est permis de dire que les résultats furent remarquables. La commission constata un travail recueilli de $4\frac{1}{2}$ chevaux-vapeur environ et un rendement *mécanique* de 48 pour 100 ; j'insiste sur ce mot *mécanique*, afin qu'il soit bien entendu que c'est là le rendement réel,

celui qui peut être utilisé. Comme particularités, ces expériences furent marquées par un petit accident, heureusement sans aucune gravité. Dans le courant du travail, l'un des membres de l'Institut, M. Cornu, se trouva dans le passage du courant et reçut une secousse. On s'était fort effrayé des dangers que présentait l'électricité employée à ces hautes tensions; il fut démontré que, quoiqu'il ne soit pas bon de s'y jouer, au moins le danger n'est-il pas aussi grand qu'on l'avait dit.

Au point où nous étions alors, les vérifications expérimentales pouvaient être considérées comme terminées, et l'on pouvait presque penser à l'exploitation; une circonstance heureuse fournit l'occasion de l'étudier d'une façon encore plus complète.

Parmi les régions montagneuses de la France, le département de l'Isère est un des plus riches en chutes d'eau. La municipalité de la ville de Grenoble, désireuse d'utiliser ces richesses perdues, voulut étudier le transport de la force et proposa de répéter, dans des conditions pratiques, les expériences déjà faites. Les machines mises en usage aux ateliers du Nord avaient été remises en état et améliorées : on pouvait faire une véritable application pratique, la proposition fut donc acceptée et l'on partit. L'un des postes était à Grenoble, l'autre à 14^{km} auprès de la station de Vizille; la machine génératrice était mise en mouvement par une chute d'eau, la réceptrice conduisait par l'intermédiaire d'une distribution d'électricité diverses machines-outils. Une commission désignée par la municipalité examina longuement les essais, qui durèrent environ six semaines, furent continués tous les jours, à heure fixe, à travers toutes les intempéries; elle mesura, contrôla les résultats et constata un travail reçu de 7 chevaux-vapeur avec un rendement mécanique de 62 pour 100.

Je dois, messieurs, passer un peu rapidement sur le récit de ces expériences; naturellement elles se ressemblent, et ce que je veux surtout vous signaler, c'est la progression constante des résultats; si le temps nous permettait d'entrer dans les détails, ils ne manqueraient pas. Vous pouvez bien penser que les choses n'ont pas marché avec la simplicité commode du récit : ces essais, qui ont rempli deux années et plus, ont rencontré les obstacles, les embarras de toute espèce, inévitables dans les travaux de ce genre. La solution mathématique ne connaît pas ces ennuis; le savant, qui dans son cabinet traite une question de Mécanique par l'Algèbre, fait entrer dans ses calculs une matière idéale, débarrassée, pour les besoins de la cause, de toutes les propriétés qui pourraient gêner le fonctionnement des équations.

Quand il s'agira plus tard de réaliser le calcul, c'est la vraie

matière à laquelle on s'attaque avec toutes ses propriétés, non plus simplifiée et mathématique, mais au contraire compliquée, variable, pleine de pièges inattendus. La lutte du savant avec cette matière-là rappelle celle du lion contre le moucheron. La victoire n'est rien moins que certaine. Que de difficultés, qui peuvent tout perdre, d'ennuis renaissants dont chacun est une sérieuse préoccupation! Ces détails ne seraient peut-être pas sans quelque intérêt, pour ceux qui ont eux-mêmes essayé de l'expérience et rencontré des difficultés analogues; pour le public, pour la science, il n'est après tout qu'une chose qui compte, ce sont les résultats : aussi ai-je dû m'occuper exclusivement d'eux.

Après les expériences de Grenoble, la phase d'études peut sembler finie. Il reste cependant encore un point à examiner, et ce n'est pas le moins important. Toute invention doit passer par quatre phases expérimentales : lorsqu'elle a été théoriquement connue, il faut la vérifier dans le laboratoire à l'aide d'appareils contrôlant les principes et montrant les possibilités; dans notre cas, cette épreuve, qu'on peut nommer épreuve scientifique, irait jusqu'après l'essai de Munich. Il faut ensuite imaginer les appareils industriels, les construire et vérifier s'ils répondent aux prévisions : c'est l'épreuve pratique; elle a été faite au chemin de fer du Nord. Puis on doit examiner si ces appareils, mis en jeu dans des conditions quelconques, résisteront à un travail et à un service de durée : cela devrait s'appeler épreuve industrielle; c'est celle qui eut lieu à Grenoble. Alors il reste à voir si l'invention nouvelle répond aux nécessités de son époque, si elle pourra s'appliquer économiquement, si elle peut résister enfin à l'épreuve économique. Il faut, en effet, pour qu'une œuvre soit utile, qu'elle rencontre ce qu'on pourrait appeler son milieu; à quoi eût servi, par exemple, la locomotive, si Stephenson l'eût inventée sous le règne de Louis XIV? En supposant qu'il eût réussi à la faire construire et marcher, ce qui est fort douteux, il n'eût pas trouvé assez de fer pour construire la voie, pas de machines-outils pour le forger et le laminer, et surtout enfin, pas d'argent, pas de crédit, pour installer cette œuvre énorme qu'on appelle un chemin de fer; la machine dont aujourd'hui des milliers d'exemplaires courent à travers le monde n'eût pas existé, même unique : elle ne pouvait résister à l'épreuve de l'argent. C'est celle-là, messieurs, qui reste à tenter.

Nous nous y préparons avec l'appui de la maison de MM. de Rothschild qui ont vu dans cette entreprise, outre une étude scientifique très importante, un progrès de nature à augmenter la grandeur et la prospérité de notre pays.

La station de départ sera à Creil, l'arrivée à Paris; la distance parcourue probablement par une voie un peu détournée sera d'environ 57km, la force sera de 100 chevaux-vapeur; elle sera divisée entre trois machines marchant indépendamment les unes des autres; la ligne conductrice sera un fil de cuivre de 0m,005 de diamètre. Cette expérience, qui sera d'une durée assez longue, sera absolument définitive et marquera le commencement de la période industrielle.

C'est elle maintenant qui doit prononcer, et jusqu'à son exécution, qui aura lieu vers les mois d'été de cette année, il n'y a plus qu'à attendre.

Pour moi, messieurs, après vous avoir ainsi rapidement exposé l'ensemble des travaux qui ont amené à la solution de cette importante question et la part personnelle que j'y ai prise, je ne saurais terminer cette conférence sans présenter mes remerciements à M. le doyen de la Faculté des Sciences, M. Milne-Edwards, et à M. le professeur Jamin, dont la gracieuse complaisance a beaucoup contribué à faciliter cette conférence.

Note sur une nouvelle application du niveau à mercure pour obtenir la hauteur des astres à la mer quand l'horizon n'est pas visible, appareil imaginé par M. Renouf;

Par M. MOUCHEZ, Directeur de l'Observatoire de Paris.

Le problème depuis si longtemps cherché dans la Marine, consistant à obtenir à la mer la hauteur d'un astre à moins de 4' ou 5' près, quand l'horizon est rendu invisible, soit par la brume, soit par la nuit, semble complètement résolu aujourd'hui par une nouvelle manière, aussi simple qu'ingénieuse, imaginée par un capitaine au long cours, M. Renouf, d'appliquer le niveau à mercure aux instruments tenus à la main.

Jusqu'ici tous les chercheurs qui avaient essayé de résoudre ce problème à l'aide du niveau avaient eu à tort devoir s'astreindre à l'appliquer aux instruments à réflexion; ils rencontraient alors cette difficulté insurmontable d'amener en contact, dans le champ très petit de la lunette, deux objets essentiellement mobiles par suite du mouvement du navire et de la main de l'observateur; et quand on parvenait, après une longue tentative, à apercevoir simultanément la bulle si fugitive du niveau sphérique ou du niveau à deux fioles et l'image réfléchie de l'astre, le contact, quand on l'obtenait, ne durant qu'une fraction de seconde, il était impossible d'avoir une idée de l'approximation qu'on obtenait et l'on était très souvent exposé à commettre d'énormes erreurs, comme je l'ai souvent

constaté dans les essais que j'ai faits de ces instruments; aussi aucune de ces tentatives n'a-t-elle réussi.

M. Renouf a fait disparaître la moitié de la difficulté de l'observation en supprimant les miroirs du cercle à réflexion, et en visant directement sur l'astre sans avoir à se préoccuper de la bulle du niveau qui, par une disposition fort ingénieuse, se fixe d'elle-même sur le point du cercle correspondant à l'horizon vrai par la simple touche d'un bouton à ressort, quand on a pointé la lunette sur l'astre à observer.

On observe alors de la même manière que les navigateurs arabes des XVIe et XVIIe siècles, avec leur anneau astronomique tenu suspendu à la main; ils pointaient la pinnule de leur cercle sur l'astre et ils lisaient le degré de hauteur correspondant; la seule différence qui existe aujourd'hui, c'est qu'on a adapté une lunette et un niveau pour rendre cette observation plus exacte.

M. Renouf a adapté au bord intérieur d'un cercle ordinaire un tube circulaire transparent, à moitié rempli de mercure, de manière que les deux extrémités du métal soient à très peu près sur un même diamètre. Dans la partie correspondant au bas de ce tube, quand l'instrument est dans sa position moyenne d'observation, est installé un robinet dont la fermeture instantanée est commandée par un bouton à déclic; quand le robinet est ouvert, le mercure circule librement dans tout le tube; mais, dès qu'on touche le bouton, le robinet se ferme subitement et fixe les deux parties du mercure dans une position invariable, tant que l'instrument reste à peu près vertical.

Le mode de procéder est donc bien facile à comprendre : l'observateur vise directement sur l'astre en tournant le cercle tenu verticalement jusqu'à ce que le réticule d'une lunette fixée à demeure sur ce cercle vienne tangenter l'astre, ce qui est très facile dans les temps ordinaires; dès que le contact est obtenu, on touche le bouton; le mercure devient subitement immobile et ses deux extrémités indiquent les deux points du cercle divisé qui, à cet instant, correspondent à l'horizon vrai. Il suffit alors de pointer, avec une alidade munie à chaque bout de deux petites lunettes à réticule, les deux extrémités du mercure et de lire sur le vernier les divisions du cercle correspondantes : la moyenne donne la hauteur cherchée de l'astre. Il est indispensable de faire cette double lecture, qui fait disparaître à la fois les deux principales causes d'erreur, celle qui provient de la dilatation du mercure avec les variations de température et celle qui provient de la différence, en plus ou en moins, de la quantité de mercure nécessaire pour faire 180°. On s'était d'abord servi d'un tube en verre; mais, comme il était trop fragile, on l'a remplacé par un tube transparent en celluloïd. Il est probable que ce tube

circulaire pourra quelquefois présenter des irrégularités de forme; mais il suffirait d'une étude facile, faite à terre, une fois pour toutes, avant le départ, pour déterminer les erreurs de division qui en résulteraient.

M. Renouf, qui vient de se servir de cet instrument pendant un voyage aux États-Unis sur les paquebots transatlantiques, dit que toutes les observations étaient obtenues avec une erreur moindre que 4'. Quand le hasard m'a fait rencontrer cet instrument, il y a deux jours, chez le constructeur, M. Hurlimann, successeur de Lorieux, je l'ai immédiatement essayé sur une mire, et j'ai été fort surpris de trouver que les huit ou dix hauteurs que j'ai prises ne s'écartaient pas de plus de 2' ou 3' autour de la moyenne; il est donc évident qu'avec un peu d'habitude, et à la mer par temps ordinaire, on doit parvenir facilement à obtenir le résultat indiqué par l'inventeur.

Cet instrument sera également très précieux pour les voyageurs dans l'intérieur des continents; en le fixant sur un appui quelconque pour éviter les tremblements de la main, on pourra probablement obtenir les hauteurs à 1' ou 2' près, par l'observation la plus simple, à la portée de la personne la moins expérimentée; cela évitera en même temps les ennuis et les difficultés de la manœuvre du bain d'huile ou de mercure de l'horizon artificiel dont on est obligé de faire usage aujourd'hui, avec les instruments à réflexion.

Il faut encore faire remarquer qu'il pourra toujours être utilisé pour l'observation du Soleil, même dans des régions équatoriales où les instruments à réflexion deviennent inutiles quand le double de la hauteur du Soleil atteint 125° ou 130°, ce qui est le cas le plus général entre les tropiques.

Je ne crois pas qu'aucun des différents systèmes que cherchent encore quelques marins, soit à l'aide du niveau, soit à l'aide d'appareils à rotation, puisse être d'une telle simplicité et donner des résultats d'une aussi grande exactitude.

L'intervention de l'observateur dans l'emploi du niveau est tellement faible, qu'on pourrait assez justement désigner cet instrument sous le nom de *cercle à niveau automatique*; il a été parfaitement exécuté par M. Hurlimann.

J'ai trouvé cette invention si remarquable et si utile pour les marins et les voyageurs, que j'ai cru devoir la signaler à l'Académie, persuadé qu'elle est appelée à rendre de réels services à la navigation et pour la détermination de positions géographiques dans les voyages d'exploration.

Exposition des collections formées par les naturalistes chargés d'explorer les grandes profondeurs de l'océan Atlantique et embarqués à bord du « Talisman ».

M. Alph. Milne-Edwards, sous la direction duquel les explorations sous-marines du *Travailleur* et du *Talisman* ont été poursuivies pendant quatre années, vient de placer sous les yeux du public les riches collections formées pendant la dernière campagne, entre Rochefort, les îles du Cap Vert, la mer des Sargasses et les îles Açores.

Cette exposition a lieu dans une des dépendances du Muséum d'Histoire naturelle, 61, rue de Buffon; elle est ouverte tous les jours de midi à 4h, et l'on peut obtenir des cartes d'entrée en s'adressant au bureau d'administration du Muséum, 57, rue Cuvier.

Il serait peut-être superflu d'ajouter que tout est gratuit dans ce grand établissement national.

L'Association scientifique a reçu les Ouvrages suivants : *Le monde physique*, par M. Amédée Guillemin, t. IV : la *Chaleur*, la *Physique moléculaire*, la *Météorologie*, 17e, 18e, 19e et 20e série, chez Hachette et Cie. — *Étude sur les eaux potables et le plomb* par MM. A. Hamon, A. Delahaye et Lecrosnier, place de l'École-de-Médecine. — *L'épidémie de fièvre typhoïde à Paris en* 1882; *Études statistiques*, par M. A. Durand-Claye, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; Berger-Levrault et Cie, à Nancy. — *Revue médicale et scientifique d'hydrologie et de climatologie pyrénéennes*, dirigée et publiée par MM. les Drs Garrigou et Duhourcau. — *Mémoires de l'Académie des Sciences de Toulouse et de Caen*, année 1883.

CONFÉRENCE DU 15 MARS;

Par M. FAYE, membre de l'Institut.

Ce savant éminent, au lieu de parler de la *figure de la Terre*, comme nous l'avions annoncé dans le programme général des conférences, traitera de la *formation du système solaire*, sujet qui lui paraît devoir intéresser davantage son auditoire.

Le Gérant : E. COTTIN,
À la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE.

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

BULLETINS HEBDOMADAIRES Nos 204 ET 205.

24 février et 2 mars 1884.

CONFÉRENCE DU 1er MARS,

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

Président : M. **Faye**, membre de l'Institut.

M. **Anatole Bouquet de la Grye**, ingénieur hydrographe, président de l'Association française pour l'avancement des Sciences, traitera le sujet suivant : *Les mouvements de la mer.*

CONFÉRENCE DU 8 MARS,

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

Président : M. **Wolf**, membre de l'Institut.

M. **Revillout**, professeur et conservateur-adjoint au Musée du Louvre, traitera le sujet suivant : *De la Famille en Égypte.*

Compte rendu de l'Expédition à la recherche de la Mission Crevaux.

CONFÉRENCE FAITE A LA SORBONNE PAR LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE, LE 15 FÉVRIER;

Par M. A. THOUAR.

Il y a deux ans environ, partait de Bordeaux, pour Buenos-Ayres, le Dr Crevaux, chargé d'une mission par le Ministère de l'Instruction publique.

Son but était d'explorer le haut Paraguáy et d'atteindre l'Amazone.

A son arrivée à Buenos-Ayres, le Président de l'Institut géographique argentin, le Dr Zeballos, et les Drs Omiste et Vaca Guzman, représentants du gouvernement de Bolivie, lui firent entrevoir tout l'intérêt d'une exploration sur le rio Pilcomayo, qui traverse la contrée du grand Chaco boréal, et

que, même depuis la conquête, personne n'avait pu encore traverser.

Son esprit ardent, énergique, s'enthousiasma, et sur-le-champ il résolut de partir pour la Bolivie, afin de reconnaître le cours de cette rivière mystérieuse, qui, au dire de certains explorateurs, se perdait dans l'immensité des plaines du Chaco, et dont le relèvement devait fournir les matériaux nécessaires à la création d'une voie commerciale entre la Bolivie, le Paraguay et la république Argentine.

Vous savez tous le sort terrible qui attendait le Dr Crevaux et ses compagnons. Le 27 avril 1882, la mission était presque entièrement massacrée par les Indiens tobas.

Lorsque cette triste nouvelle arriva en France, vous en fûtes vivement impressionnés. A ce moment-là, c'est-à-dire en mai 1882, il y avait à peine un mois que j'étais de retour de ma seconde campagne dans l'Amérique du Sud à travers le Mexique, les Antilles, le Venezuela et la Colombie. J'en fus vivement touché; immédiatement je pris la résolution d'aller là où avait succombé cette noble victime et de m'enquérir de la cause et des circonstances qui avaient pu produire cette catastrophe. Le 21 septembre 1882, je m'embarquai à Saint-Nazaire.

Avant de vous parler de mes recherches et de mes explorations à travers le Chaco, permettez-moi de retracer à grands traits l'itinéraire et les derniers moments du Dr Crevaux.

A Buenos-Ayres, le gouvernement, animé d'un esprit de progrès incontestable, mit deux marins de la flotte à sa disposition et lui donna, pour lui et les siens, le passage gratuit sur les lignes ferrées argentines. Par Tucuman, Salta et Jujuy, il arriva à la frontière bolivienne; de là, par Tupiza, il gagna Tarija, où il se présenta aussitôt en mars 1882, chez les missionnaires franciscains et chez le préfet du département.

Le gouvernement bolivien, plus directement intéressé encore que celui de la république Argentine à l'exploration du Pilcomayo, s'empressa de mettre à la disposition du Dr Crevaux tout ce dont il pouvait avoir besoin et le défraya de tous ses frais de transport par mule de Tarija à la mission de San Francisco de Solano, sur le Pilcomayo. Le ministre de l'intérieur, le Dr Antonio Quijarro, animé des idées les plus larges et poursuivant avec une énergie digne de remarque l'ouverture d'une voie de communication à travers le Chaco, que rendait nécessaire la guerre de la Bolivie contre le Chili, offrit au Dr Crevaux la direction scientifique de l'expédition que préparait le gouvernement à cet effet.

Crevaux refusa. Son but était de traverser pacifiquement les nombreuses tribus indiennes qui peuplent le Chaco.

Porteur de lettres de recommandation pour les mission-

naires italiens franciscains, il trouva auprès d'eux le meilleur accueil et se lia très intimement avec le P. Doroteo Giannecchini, préfet des missions.

Du 8 au 14 mars, on les voit, en effet, tous les deux parcourant les magasins de Tarija, faisant d'amples provisions d'objets destinés aux Indiens.

Le 14 mars, il partit définitivement de Tarija et arriva le soir même à Santa-Anna, où l'attendaient ses compagnons.

Le 24 mars, le P. Doroteo Giannecçini rejoignit le Dr Crevaux à Ivívi: Celui-ci en fut enchanté. Aussitôt il fit seller sa mule, et, en compagnie de Ringel et de Dumigron, il se mit en route, « fatigué qu'il était, dit-il, de la marche lente de son escorte ».

Le P. Doroteo avait amené avec lui une Indienne toba de Tarija : il en informa Crevaux, estimant, disait-il, qu'en l'envoyant en avant elle pourrait lui faciliter son passage à travers les Indiens.

Crevaux sauta de joie, l'en remercia et se prit à considérer l'Indienne comme si elle eût été sa fille.

Mais sa joie ne fut pas de longue durée. A Ivitivi, en effet, il apprit que les gens de Caïza étaient partis deux jours auparavant en expédition militaire contre les Tobas, « les chevaux du commandant militaire Soruco ayant été volés ». Le vol avait été commis par des pillards de Yacuiva et non par les Indiens.

A ce moment, Crevaux entrevit l'inopportunité de l'expédition et les funestes conséquences qu'elle ne manquerait pas d'entraîner. « Que faisons-nous ? dit-il au P. Doroteo, surpris et ému. — Allongeons le pas, dit ce dernier, afin d'arriver, si c'est possible, cette nuit même à Aguairenda. De là nous écrirons au sous-préfet, le priant d'envoyer contre-ordre aux expéditionnaires. »

Ils piquèrent immédiatement des deux; quand ils arrivèrent à Carapari, il était très tard, et les mules étaient épuisées. Le Dr Crevaux, ses compagnons et la jeune Toba passèrent la nuit là.

Le P. Doroteo résolut de continuer seul sa marche; il partit donc, et, forcé d'abandonner sa mule à la montée de la côte de Carapari, il arriva à pied, à minuit, à Aguairenda.

Aussitôt il écrivit au sous-préfet, lui annonçant son retour de Tarija, en compagnie du Dr Crevaux. Il lui disait qu'en chemin il avait appris la marche de l'expédition des gens de Caïza contre les Indiens; qu'en raison des recommandations spéciales de la préfecture de Tarija, dont était porteur le Dr Crevaux, en même temps que pour la part active que lui-même allait prendre dans la prochaine exploration par terre que préparait le gouvernement de Bolivie, il considérait comme

un devoir de protester contre l'inopportunité de cette expédition, qui devait être très préjudiciable aux deux explorations, par la raison toute simple que, si les Indiens étaient attaqués, ils commettraient des représailles terribles; qu'en conséquence, il y avait urgence à envoyer contre-ordre aux expéditionnaires et que, dans le cas contraire, il le rendait personnellement responsable des conséquences fatales qui pourraient en résulter.

Le Dr Crevaux écrivit dans le même sens au sous-préfet de Caïza.

Malheureusement ces protestations ne furent pas écoutées, et, bien que le sous-préfet eût déjà donné contre-ordre, le conseil des habitants de Caïza, auxquels il soumit la question, résolut que l'expédition suivrait son cours.

Le même jour, 25 mars, Crevaux et ses compagnons arrivèrent à Aguairenda.

Le 26, ils continuaient leur route pour le Pilcomayo.

Le délégué de la préfecture de Tarija, Democrito Cabezas, son escorte et les divers compagnons de Crevaux, étaient arrivés à Caïza par le chemin de Nazareno.

Crevaux voulut passer tout d'abord par Caïza, afin de connaître le sous-préfet, lui parler et donner des ordres à ses gens.

Il demanda au sous-préfet, dans le cas où l'expédition amènerait des prisonniers, de les faire remettre au délégué de la préfecture, à la mission de San-Francisco, afin qu'il pût lui-même les embarquer dans ses canots et les rendre à leurs familles.

A Yaguacua, le Dr Crevaux rejoignit le P. Doroteo; ils dormirent là, et le jour suivant, à 10h du soir, ils arrivèrent sur la rive droite du Pilcomayo, distante de la mission de San-Francisco d'environ un tiers de lieue.

Le Dr Crevaux, bien qu'épuisé par la chaleur et une aussi longue journée de marche, parut revivre quand il vit le Pilcomayo, qu'il jugea suffisamment haut pour qu'on pût naviguer sans inconvénient.

Dans la matinée du 28 mars, le premier Indien pêcheur qui s'approcha de la rive opposée fut hélé et envoyé à la mission, afin de préparer le nécessaire pour passer le fleuve. Peu de temps après, arrivèrent le gouverneur, les capitaines, les alcades et autres Indiens pour les aider.

Le Dr Crevaux, satisfait de la façon dont les Indiens lui avaient fait passer le rio, leur donna une gratification. Il continua sa marche par une route large et droite, qui conduisait à la mission. Le père missionnaire les attendait en leur ménageant une surprise agréable. Il avait, en effet, disposé sur deux files les élèves des écoles des deux sexes, les musiciens,

les Indiens avec leurs flèches et les tireurs à l'extrémité de la mission.

Quand Crevaux s'approcha, les Indiens, armés de fusils, saluèrent son arrivée, les musiciens jouaient et la petite cloche de la mission sonnait à toute volée.

Dans l'après-midi, Crevaux reçut une lettre du père missionnaire de Tarairi, qui le félicitait de son arrivée, l'invitait à visiter sa mission et l'avisait en même temps qu'il mettait à sa disposition, gratuitement, toutes les planches dont il pourrait avoir besoin pour la construction de ses canots.

Le jour suivant, c'est-à-dire le 29 mars, Crevaux partit pour Tarairi en compagnie de Ringel et du P. Doroteo.

Crevaux, acceptant l'offre du père missionnaire, choisit quarante planches et deux traverses de cèdre, mais il ne voulut pas accepter ces planches gratuitement : « A vous, cela vous coûte, dit-il, à moi, il me suffit de tenir compte de l'extrême empressement que vous mettez à m'être agréable. »

Le 30, Crevaux retourna à San-Francisco de Solano, avec Dumigron et quatre-vingt-six Indiens chiriguanos de la mission, qui chargèrent les tables sur leurs épaules. Aussitôt arrivé, il se mit à construire sa première embarcation, avec l'aide d'un Indien, charpentier, appelé Araguë.

Le 1er avril, Crevaux envoya Ringel visiter les autres missions du nord, en vue de prendre des photographies des Indiens et de recueillir des collections ethnographiques. Il revint quelques jours après de sa tournée.

Crevaux fut très satisfait des vues et des curiosités qu'on lui rapportait. Mais il se réjouit surtout de l'arrivée des charpentiers de Tarairi et de Machareti qu'on lui avait envoyés, afin de hâter la construction des canots avant la baisse des eaux du Pilcomayo.

L'expédition de Caïza était revenue du Pilcomayo le 30 mars. Elle avait tué dix ou douze Indiens nontenes, et ramenait sept enfants prisonniers.

Le délégué et son escorte arrivèrent à San-Francisco de Solano, dans la matinée du 2 avril, amenant prisonniers cinq des plus jeunes enfants. Les deux autres, blessés et maltraités pendant le combat, étaient restés à Caïza.

La vue des cinq enfants et la relation de l'expédition firent trembler le P. Doroteo pour la mission Crevaux. Il s'empressa de lui rappeler que ce pronostic était de très mauvais augure pour le résultat de son exploration, et que les parents de ces enfants ne manqueraient pas de se venger.

Crevaux fut extrêmement affecté; il resta pensif pendant quelques minutes et se mit à maudire cette fatale expédition; mais, redevenu plus calme, il se persuada que, n'étant ni de Caïza, ni Bolivien, les Indiens ne le maltraiteraient pas. Il se

mit aussitôt à caresser les enfants et à leur offrir des cadeaux.

Ceux-ci et la Toba Yalla (Petrona) étaient l'unique espérance, bien que faible, qui restait au Dr Crevaux.

Le 4 avril, l'Indienne toba, Yalla, partit de la mission de San-Francisco, avec l'aînée des cinq enfants noctenes. Le Dr Crevaux lui offrit des présents pour elle et ses parents, comme preuves de la sincérité du désir qu'il avait de les voir et de parler avec eux. Il la fit ensuite photographier par Ringel, ainsi que les jeunes Noctenes et lui fit parler en ces termes par le père des missions :

« Pour qu'en une fois se termine la guerre entre les tiens et nous les blancs, je t'envoie afin que tu leur portes mes paroles et qu'ils comprennent bien que nous ne voulons pas les tromper. Oui, cette fois, sincèrement, nous voulons la paix. Nons renvoyons avec toi l'aînée des prisonniers, et, si nous ne renvoyons pas les autres, c'est qu'ils sont très petits et très fatigués, mais je les amènerai avec moi.

» Dis bien surtout à ton père Galigagaë et aux autres capitaines tobas, chorotis, noctenes, qu'ils viennent ici parlementer avec moi et faire ainsi la paix. Dis-leur de ne pas avoir peur, qu'ils n'ont à craindre aucune embûche; moi-même j'en réponds sur ma tête ! »

La jeune Indienne, intelligente, comprit parfaitement ce qu'on attendait d'elle; prenant congé du Dr Crevaux, qu'elle embrassa, elle partit contente et émue, promettant d'être de retour avec ses parents, dans douze ou quinze jours.

Pendant que le docteur dépêchait l'Indienne, les Tobas et les Noctenes accomplissaient leur vengeance accoutumée sur des Indiens de la mission de Machareti, ainsi que le constate le fait suivant.

« *Mission de Machareti.* — A l'instant arrive de Buyuive un Indien que j'avais envoyé là-bas; blessé de trois coups de lance et de quatre coups de flèche, il dit que les Tobas ont tué ses deux compagnons, ainsi que leurs femmes et leurs enfants. Ce fait se passa avant-hier vès les 6h, selon l'avis que je reçus de Cumbaire. »

A peine cette nouvelle fut-elle portée à la connaissance de Crevaux, qu'elle le plongea dans une profonde affliction.

Il resta longtemps pensif et se mit instinctivement à maudire une expédition qui allait être la cause de sa mort; il se voyait serré de très près, mais le souvenir de ses dernières explorations, spécialement celle du Yapura, chez les anthropophages Ouitotos, lui donna l'espoir de vaincre; confiant dans sa mission pacifique et dans les moyens qu'il comptait employer : « Si je meurs, disait-il, je meurs; mais si l'on ne risque rien, nous serons toujours dans les ténèbres. »

L'unique espérance qui lui restait était de voir revenir

l'Indienne toba, Yalla, avec ses parents et les capitaines indiens; il saurait alors ce que pensaient les Tobas.

Cette espérance fut déçue : Yalla ne revint pas à l'époque fixée.

Le 13 avril, le Dr Crevaux, accompagné du P. Doroteo et du délégué, allèrent reconnaître le Pirapo, ou chute du Pilcomayo, à 2 lieues en amont de la mission. Ringel prit une vue de la chute, et Billet calcula l'altitude, qu'il trouva être de 25m en plus de celle de San-Francisco, qui est d'environ 450m au-dessus du niveau de la mer.

Haurat, timonier, traversa le rio à la nage et faillit se noyer dans un tourbillon. Crevaux leva le plan du lieu, et nota que le courant du rio, depuis la chute, jusqu'à la mission, était trop rapide pour être navigable en canot, en raison également du grand nombre de rochers qui obstruent son cours.

Pendant la construction des embarcations, chacun des voyageurs s'occupait d'enrichir ses collections et ses observations.

Ringel prit de nombreuses vues.

Billet détermina la latitude de San-Francisco de Solano, qu'il trouva être de 21°45' de latitude sud.

M. Crevaux prit des notes sur l'idiome des Chiriguanos et des Tobas, et recueillit des crânes.

Deux grandes pensées le préoccupaient :

1° La dernière expédition des habitants de Caïza;

2° Les marais que les Indiens lui disaient exister dans le bas du fleuve.

Ces deux pensées le faisaient hésiter; mais l'habitude acquise de naviguer sur les fleuves, de vaincre les obstacles, sa fermeté de caractère et son énergie lui faisaient néanmoins désirer de vaincre cet inconnu, et il attendait l'heure du départ avec la plus vive impatience.

Les habitants de Caïza, craignant les résultats de leur inopportune expédition, s'offrirent à accompagner Crevaux jusqu'au bas de Teyo. Un jour Crevaux dit au P. Doroteo : « Nous sommes convenus avec le délégué et David Gareca que les gens de Caïza partiront aussitôt que passeront les charges et les armes que j'attends de Tarija. Ils iront m'attendre à Bella-Esperanza. S'ils ne partent pas, je partirai quand même et ne les attendrai pas. »

Les charges et les armes passèrent par Caïza; M. Crevaux partit, mais personne ne bougea.

Le 18 avril, on fit transporter, avec l'aide des Indiens de la mission, les embarcations et les bagages, au point fixé pour le départ, en face et à environ 200m de la mission.

Pendant la nuit, les hommes de l'escorte dormirent dans les canots.

Trois fois le rio avait crû pendant le séjour du Dr Crevaux à San-Francisco. De là la hâte qu'il avait de profiter des crues avant la baisse des eaux, en raison des marais qu'il redoutait. Ses embarcations ne calaient pas plus de $0^m,10$ à $0^m,12$.

Le mercredi 19 avril, à 8^h du soir, les explorateurs laissaient la mission de San-Francisco, accompagnés des missionnaires et de tous les Indiens.

Le Dr Crevaux prit congé en termes très affectueux du P. Doroteo.

Billet prit la photographie du groupe du départ.

Haurat annonça que tout était prêt. Il était $9^h 30^m$. Les Indiens, qui, plus d'une fois, avaient avisé les explorateurs du danger de leur entreprise, ne purent contenir leurs larmes et les saluèrent d'un formidable : « *Taupareño peguata chinureta :* Allez avec Dieu, amis. »

Missionnaires, Français, Boliviens, chrétiens, Indiens, tous étaient émus, comme pressentant instinctivement quelque chose de lugubre. Au milieu des adieux et des cris, les quatre embarcations disparurent à un coude du fleuve.

Dans la soirée du même jour, 19 avril, Crevaux était arrivé à Irua, d'où il écrivit le petit mot suivant :

Au P. Doroteo, préfet des missions.

« Nous avons la paix avec les Tobas; nous avons parcouru 8 lieues sans incident.

Dr J. Crevaux. »

Le 20 avril, l'expédition atteignit Bella-Esperanza sans incident. Les Tobas escortaient le Dr Crevaux sur les deux rives.

Le 21 avril, halte au-dessus de ce point, une des embarcations faisant eau.

Le 22 avril, arrivée à Teyo. Le Dr Crevaux couche seul au milieu des Tobas, dont le nombre augmente à chaque instant.

Les 23 et 24, le temps se passa dans des parages inconnus. Crevaux se préoccupait de rechercher le cours d'eau dont lui avait parlé le colonel argentin Sola. Les munitions et les armes sont sous clef.

Le 25, ils arrivent à la hauteur du Cavayu-Repoti sans incident, faisant franchir aux canots une hauteur d'environ $0^m,75$, qui formait un barrage au milieu de la rivière.

Le 26, la journée se passa sans incident. Le nombre des Tobas est évalué à près de deux mille.

Le 27 avril, à 10^h, la mission arrive sur une plage de sable. Les Tobas convient les explorateurs à déjeuner, leur offrant du poisson et de la viande de mouton. Crevaux, Ringel et Billet descendirent les premiers; dans la dernière embarcation venaient le jeune Ceballos, Haurat et Blanco.

A peine les explorateurs avaient-ils fait quelques pas, qu'ils furent immédiatement entourés par un nombre considérable de Tobas, qui les massacrèrent à coups de *makanas* (1) et de couteaux. Ceballos, Haurat et Blanco arrivèrent sur ces entrefaites; à la vue du danger qui les menaçait, ils se jetèrent à l'eau pour atteindre la rive opposée. Blanco et Haurat échappèrent aux Indiens. Le jeune Ceballos fut saisi par un Toba qui allait le massacrer, lorsque vint un autre Indien qui s'empara de lui et le défendit contre son agresseur. Ceballos vit tomber Crevaux, Ringel et Billet. Son père fut tué sous ses yeux.

Haurat et Blanco prirent la direction du nord-ouest, vers Itiyuru; mais ils ne tardèrent pas à tomber dans les mains d'autres Indiens.

Aussitôt après le massacre, les Indiens s'emparèrent des bagages, armes et munitions des explorateurs, puis mirent le feu aux embarcations qu'ils laissèrent aller au gré des eaux.

Quant à leurs victimes, ils les coupèrent en morceaux, et chacun des capitaines en emporta dans son *rancho* comme trophées de la victoire.

Leur vengeance était assouvie; ils avaient égorgé leurs victimes à *l'endroit précis* où les leurs, peu de jours auparavant, étaient tombés sous les coups des habitants de Caïza.

La mission se composait de Crevaux, Billet, Ringel, Dumigron, Haurat, Français; 2 Argentins, 12 Boliviens, 2 Indiens chiriguanos l'accompagnaient.

Le 21 septembre 1882, je m'étais embarqué à Saint-Nazaire, et, après un court séjour dans les Antilles, à Porto-Rico, à la Martinique, et au Venezuela, j'atteignis la Colombie, avec le projet de suivre la Cordillère des Andes de l'Équateur, du Pérou et de Bolivie, atteignant ainsi les sources du Pilcomayo près de Chuquisaca. A Bogota, par suite de la saison des pluies qui rendaient impraticable la Cordillère et de la dyssenterie dont je souffrais, je dus renoncer à ce projet. Je redescendis le rio Magdalena, passai par Colon-Panama, visitant les immenses travaux du canal de Panama, dont le percement aura pour l'Amérique les conséquences les plus heureuses, et gagnai par le Pacifique, Santiago de Chili, où je refaisais ma santé quelque peu ébranlée. Il y avait à peine huit jours que j'étais arrivé, lorsque le chargé-d'affaires de France, M. Bourgarel, me communiqua une lettre du Ministère des Affaires étrangères prescrivant des recherches sur les deux prisonniers, qui, paraît-il, avaient été vus par des Indiens chiriguanos, attachés à des arbres, chez les Tobas.

(1) La makana est une sorte de massue.

Tout me faisait croire d'ailleurs à l'existence de ces deux prisonniers. Deux jours après je partais; je passai à Arica (Pérou). Confiant dans mes forces et comptant sur mes seules ressources, j'étais décidé à tenter l'impossible pour racheter et délivrer les captifs.

Le 21 mai, je partis de Tacna à mule, franchis la Cordillère occidentale par le Tacora et arrivai à la Paz le 29 mai. Immédiatement je fus introduit auprès du ministre des affaires étrangères, le Dr Antonio Quijarro. Je lui exposai la mission que je m'étais imposée, et mon projet d'explorer le Chaco après l'avoir accomplie. Je reçus l'accueil le plus sympathique, et, muni de lettres spéciales de recommandation du ministère auprès de toutes les autorités de la frontière, je partis pour Tarija quatre jours après.

De la Paz, par le haut plateau bolivien, je longeai la chaîne de l'Illimani et du Sorata; je gagnai en toute hâte Oruro, puis Sucre ou Chuquisaca. Ce voyage fut dur; c'était l'hiver, le froid était intense et atteignait souvent — 18° C. Le passage de certains cols de la Cordillère, en particulier celui du volcan de Livichuco, m'exposa souvent à de sérieux embarras. La neige couvrait tout, et il fallait redouter les fondrières et les précipices. J'atteignis enfin Tarija vingt-deux jours après mon départ de la Paz, par une course à toute vitesse à une altitude de 4500m. Je traversai cet immense plateau bolivien, dénudé, poussiéreux, mais circonscrit par toute une chaîne de volcans éteints, dont les cimes jetaient dans le fond bleu du ciel l'éclatante blancheur de leurs neiges perpétuelles.

A Tarija, je pensais séjourner juste le temps nécessaire pour laisser souffler mes mules et continuer seul une marche à la frontière, mais il en fut autrement. Le gouvernement bolivien avait organisé une force de deux cents hommes qui devaient partir prochainement pour le Pilcomayo, avec ordre d'occuper Tejo, siège principal des Tobas, et d'y prendre position. Le Dr Campos, délégué et commissaire du gouvernement, s'empressa de me détourner de ma résolution, fit tous ses efforts pour me convaincre des dangers d'une telle démarche et me promit que, dans quatre ou cinq jours, le bataillon partirait pour Caïza et le Pilcomayo. Confiant dans cette promesse, j'attendis; il m'offrit la direction scientifique de la colonne, à raison de 2500fr par mois. Je refusai tout, tenant au plus haut degré à ne pas aliéner mon indépendance et ma liberté. Cette attente dura jusqu'au 9 juillet, soit vingt jours. Enfin eut lieu le départ pour Caïza, capitale du grand Chaco, située aux pieds des derniers contreforts de la chaîne orientale des Andes, où nous arrivâmes le 21 juillet.

A Caïza, de nouveaux retards se produisirent; nous dûmes y rester une huitaine de jours, c'est-à-dire jusqu'au 20 août.

Toute cette perte de temps était causée par les difficultés qu'avait la colonne à trouver les mules, les chevaux nécessaires au transport des bagages, des vivres et des munitions.

Les désertions étaient fréquentes, presque journalières. Le lundi 26 août, la colonne se mit enfin en marche, accompagnée de cent Indiens chiriguanos de la mission d'Aguairenda : elle arriva trois jours après sur la rive droite du Pilcomayo, au lieu dit Santa-Barbara, aujourd'hui « Colonie Crevaux », par 21°34′ de latitude sud, où nous restâmes jusqu'au 10 septembre, date de notre départ définitif pour l'Assomption du Paraguay, par le Chaco boréal.

Avant de vous exposer les nombreuses péripéties de cette longue marche, qui dura soixante-trois jours, permettez-moi de vous rendre compte du résultat de mes recherches relatives aux prisonniers et aux restes de la mission du Dr Crevaux.

Déjà, en traversant la Bolivie, j'avais remarqué que le gouvernement et l'opinion publique s'étaient émus de certaines rumeurs circulant en France, qui laissaient entendre que le gouvernement bolivien n'avait pas offert à M. Crevaux l'appui nécessaire en pareille circonstance.

Je suis heureux de pouvoir vous affirmer le contraire. L'exploration du Dr Crevaux coûta 10000fr au gouvernement bolivien, qui avait offert, en outre, deux cents hommes, que notre compatriote refusa. En ce qui me concerne, je suis profondément reconnaissant au gouvernement de Bolivie pour tout ce qu'il fit pour moi avec tant de générosité et d'empressement, et je suis heureux de lui adresser ici l'expression de ma plus vive reconnaissance. En un mot, laissez-moi vous le dire, messieurs, dans l'Amérique du Sud, on aime les Français.

En arrivant à la frontière, je vis Ceballos, le jeune Bolivien de seize ans, survivant de la mission du Dr Crevaux. Il me confirma les circonstances dans lesquelles s'était accompli le massacre des explorateurs; il était resté lui-même pendant cinq mois prisonnier des Tobas.

Il vit tomber le Dr Crevaux, Ringel et Billet, et fuir Haurat et Blanco dans la direction de Ytiyuru.

Je fis rechercher l'Indien Yahuanahua, interprète de la mission, qui avait échappé également au massacre, et qui me confirma le même récit.

Parcourant la frontière du nord au sud, me renseignant auprès des Chiriguanos et des Chunupies, j'acquis la certitude que des prisonniers avaient survécu.

Aussitôt je fis aviser les capitaines tobas de la frontière, et en particulier Peloko, vieillard d'au moins quatre-vingt-quinze ans, que je désirais m'entretenir avec eux. Rendez-

légende de l'initiateur Oannès qui avait vécu à Babylone du temps de Bérose (trois cents ans avant J.-C.). Oannès était un monstre marin ayant le corps d'un poisson, mais portant au-dessus de sa tête de poisson une seconde tête qui était celle d'un homme, avec des pieds d'homme sortant de sa queue et ayant une parole humaine (1).

Le mythe ne fait-il pas allusion à un bateau à rames, gigantesque poisson, monté par un navigateur, dont la parole venait enseigner à ces peuples ébahis les arts, les sciences et la civilisation?

D'où venait ce voyageur? De l'Inde, probablement, par la mer Erythrée.

Parmi les preuves qui corroborent cette opinion, il faut citer celle-ci :

Les Chaldéens connaissaient l'art d'user et de polir et d'inciser finement les pierres dures, telles que la diorite, avec une rare perfection. Or, cet art n'a pu venir que du pays où l'on trouvait la seule matière capable de mordre sur cette roche, le diamant. C'est de l'Inde que vinrent les premiers diamants qui servirent, il y a cinq mille ans, aux Chaldéens à graver si finement les pierres les plus dures, dont M. de Sarzec a rapporté de si beaux échantillons.

C'est encore l'Inde qui fournissait aux Égyptiens l'outil nécessaire pour inciser les pierres entièrement dures, telles que le granite et la diorite. Un égyptologue anglais, M. Flinders Pétrie, l'a établi dans une étude spéciale et très attentive des procédés mécaniques adoptés par les plus anciens graveurs (2). Ce savant a acquis la conviction que, pour attaquer les pierres d'une dureté que le diamant, le saphir, la topaze et le béryl seulement peuvent vaincre, c'est le premier de ces minéraux qui a dû servir. Seul il a pu creuser d'une manière régulière les stries et les entailles qu'il a remarquées sur beaucoup de pierres restées inachevées. Par l'étude des échantillons variés sur lesquels ces incisions ont porté, ce savant pense pouvoir aller beaucoup plus loin et déterminer même la conformation d'un certain nombre d'outils de bronze, ornés de diamants, dont se servirent les ouvriers égyptiens pour excaver les sarcophages ou sculpter les roches dures.

Dès la quatrième dynastie, ceux-ci paraissent avoir fait usage de forets, de scies planes et de scies en couronne, ornés de pointes de diamant. Quand on étudie attentivement les connaissances technologiques des peuples anciens, on peut vraiment s'écrier avec Salomon : *Nihil sub sole novum!* tant on

---

(1) Voyez l'article sur les découvertes archéologiques de M. de Sarzec (*Bulletin hebdomadaire* du 25 février 1883, n° 152, p. 325 et suivantes).

(2) Voyez le *Bulletin hebdomadaire* du 2 septembre 1883, n° 179, p. 326.

Dans l'une de mes entrevues avec les Tobas, je leur demandai « pourquoi ils avaient tué le Dr Crevaux et ses compagnons ». Me prenant pour son frère, ils me répondirent : « Ton frère, nous l'avons tué, parce que ceux de ta couleur ont tué les nôtres. » Qui donc aura la voix assez forte pour qu'aux dernières limites du monde civilisé l'on entende et l'on sache qu'un Indien est un homme, et que, sous sa poitrine nue, bat souvent un cœur généreux et hospitalier.

Je pourrais vous citer à cet égard de nombreux exemples. Puisque nous parlons de Tobas, permettez-moi de vous donner quelques détails sur leurs mœurs et leurs habitudes.

Le Toba est fort, bien musclé, grand, d'une taille dépassant la moyenne; il a le port noble et majestueux; sa figure est encadrée de longs cheveux noirs, droits; son teint est couleur de vieil acajou. Il a le front étroit, les yeux légèrement obliques, les pommettes très saillantes, le nez grossier, lourd, empâté de la pointe, la bouche grande.

Les Tobas s'occupent exclusivement de pêche et de chasse; ils se tatouent la figure, la poitrine et les bras avec du noir qu'ils obtiennent en brûlant de la paille de maïs; leur tatouage est élégant; ils portent dans les oreilles des rondelles de bois fort grosses.

Ils sont généralement paresseux, ne pratiquent aucune culture; ils ont les mains si délicates que manier une hache, ce qu'ils ne savent pas faire, leur donne facilement des ampoules.

La femme toba est forte, d'un aspect agréable. Les uns et les autres ont pour vêtements des ponchos, une ceinture de laine ou une peau de mouton.

La polygamie n'existe pas chez eux; ils ont un profond sentiment de la famille et un grand respect pour les vieillards.

Quand une nouvelle de guerre arrive, l'Indienne chargée du soin de conduire la danse et les chants sort du rancho en chantant; toutes les autres femmes de la tribu se joignent à elle et tous les trophées des ennemis, tels que crânes, chevelures, membres, etc., sont exhibés. On commence les chants, qui ressemblent plutôt à des cris; les femmes profèrent des menaces et lancent tous ces objets en l'air, par terre, et animent les hommes en leur recommandant d'être vaillants.

Les hommes se revêtent de leur cotte, d'une cuirasse de peau de jaguar; ils se peignent la figure et le corps avec du charbon, s'arment de flèches, arcs, lances, de la makana ou massue, et commencent le simulacre du combat; ils sont agiles comme des singes et cavaliers excellents. Avec un couteau ils se font de longues entailles dans les chairs au mollet et, se mettant au soleil, ils se passent dans la cuisse, dans l'épiderme, une corne de chèvre aiguë, autant pour indiquer qu'ils ne crai-

Ce minéral est plus lourd que le diamant; sa densité est de 3,782. C'est une substance noire, opaque, non cristallisée. Sa cassure est compacte, terne, avec quelques points brillants. Si l'on ne tient aucun compte du degré de dureté, rien ne ressemble plus à du coke que du carbonado. Sa composition est la même que celle du diamant. M. Friedel a bien voulu en faire pour nous la combustion. Les résultats en sont les mêmes que pour le diamant blanc, avec cette différence cependant que le carbonado laisse le centième au moins de son poids de cendres. Celles-ci sont composées de matières siliceuses fournies au carbone par la roche dans laquelle il s'est solidifié. Quoi qu'en disent certains minéralogistes, le *carbonado* n'est pas du carbone cristallisé. Dans aucun des nombreux fragments que nous avons soumis à l'analyse microscopique nous n'avons entrevu la moindre trace de cristallisation. C'est une matière scoriacée, de nuances variées, mais toujours amorphe. Nous avons examiné à maintes reprises une fine poussière que nous obtenions en frottant l'un contre l'autre des fragments de carbonado du gris le plus clair, et jamais au microscope nous n'avons découvert le moindre cristal. Ce minéral présente quelquefois des écailles semblables à celles du graphite; à la lumière réfléchie on les prendrait pour de petits cristaux : c'est probablement ce qui a surpris les observateurs qui ont cru voir des cristaux et en ont faussement conclu que le *carbonado* est au diamant ce que le grès est au quartz.

Dès 1862, Leschot appliqua le *carbonado* à son perforateur. C'est tout simplement un long tube en acier qu'on peut allonger à volonté et qui porte, enchâssés à son bout, quatre diamants dont les pointes forment comme les dents d'une couronne à trépan.

Pour percer les roches à l'aide du perforateur, on fait tourner cette tige avec une vitesse de 250 à 300 tours par minute. Les diamants usent la pierre dont les débris sont entraînés par un courant d'eau injectée sous une certaine pression dans la tige creuse. Ainsi le forage des roches, même les plus dures, s'effectue avec une rapidité étonnante. Dans le sondage de Rheinfelden, en Suisse, on a atteint en soixante jours la profondeur de 475^{m}. Avec l'ancien système, il eût fallu deux ou trois ans, c'est-à-dire une dépense quinze fois plus grande.

Leschot mourut pauvre et presque inconnu. Ce sont, comme toujours, des compagnies anglaises ou américaines qui viendront plus tard utiliser ce procédé en France, où elles revendiqueront comme propre cette belle découverte dès que l'inventeur et son système seront oubliés, et elles ne devront pas attendre longtemps.

Actuellement des procédés perfectionnés permettent d'adapter le diamant à des burins, à des limes de toutes formes, à

des forets pleins ou creux, à des scies droites, circulaires ou annulaires, à des scies à ruban auxquelles rien ne résiste. On travaille comme du bois les marbres et les granites. On sort de la carrière des colonnes de ces roches, creuses ou pleines, qui ne résistent pas plus aux petits diamants sertis aux extrémités des outils que le chêne ne résiste au travail du tour.

Les principaux travaux qu'on peut entreprendre au moyen des procédés actuels peuvent se résumer comme suit :

1° Le travail des métaux trempés, tels que : cylindres de laminoirs, cylindres cannelés remplaçant les meules dans les moulins hongrois, tournage de la porcelaine, alésage et rectification de toutes pièces trempées au paquet;

2° Le sciage, le fraisage et le moulurage de toutes les roches en général et des marbres en particulier;

3° L'exploration des gisements minéraux, l'extraction en carrière de colonnes creuses ou pleines, de toute dimension;

4° Le lavage mécanique, dans les houillères, les mines, les ardoisières, l'extraction des marbres par chariots circulaires;

5° Le creusement des tunnels et le percement de galeries;

6° Le fonçage des puits dans les mines, des puits artésiens et l'extraction des obstacles sous l'eau.

C'est ainsi que le diamant, lorsqu'il est privé de l'avantage de plaire, a encore le mérite d'être utile.

Le diamant, même cristallisé, est employé dans certaines industries, et notamment dans l'horlogerie, dans la vitrerie, dans la gravure et le forage, dans la tréfilerie, etc. Mais son prix élevé et la difficulté de le polir et de le forer font qu'on doit renoncer à l'utiliser dans beaucoup de cas.

Aucune pierre ne serait plus propre à recevoir les pivots d'acier trempé des derniers mobiles des chronomètres qui finissent par tout user; mais le forage du diamant étant trop coûteux, on a dû y renoncer, et on ne l'emploie que comme contre-pivot, parce qu'alors cette opération n'est pas nécessaire.

On s'en sert plus avantageusement dans la vitrerie, pour couper le verre, parce que dans ce cas il ne demande aucune préparation, si ce n'est celle du sertissage.

On utilise pour cela certains diamants à arêtes courbes et à faces bombées. On choisit toujours des pierres brutes où cette forme est nettement prononcée : ce sont, le plus souvent, de petits octaèdres purs, au moins pour une pointe. Les arêtes courbes et les faces bombées qui s'y réunissent pénètrent comme un coin et font éclater le verre. Cette propriété est naturelle au diamant, car tout l'art du lapidaire ne pourrait arriver à lui donner ce pouvoir, qu'il ne possède que dans son état primitif, et encore dans certaines conditions de forme, de structure et de cristallisation.

D'autres corps durs taillés en pointe acérée rayent bien le verre, mais ne le coupent point; le diamant seul a cette propriété.

Le Dr Wollaston a fait sur cet emploi du diamant des observations intéressantes. Il attribue cette propriété à certaines particularités de cristallisation. En donnant par la taille la même forme à un rubis-spinelle et à un corindon-télésie, il a coupé le verre aussi bien qu'avec du diamant; mais ces pierres ne conservent pas cette propriété aussi longtemps.

Avant que l'on employât ce procédé si simple, on commençait par creuser un sillon dans le verre, au moyen de l'émeri, ou avec une pointe d'acier, on humectait ensuite le verre à l'endroit du sillon, et l'on y passait une pointe de fer rougie au feu qui déterminait la rupture.

Les graveurs emploient, comme le faisaient les anciens pour le tracé des dessins sur pierres fines, des *pointes* de diamant.

Enfin on a dû substituer des filières en diamant aux filières en acier employées dans les tréfileries de fils d'or, d'argent et de cuivre doré ou argenté qui servent à la passementerie, parce que le plus dur des minéraux peut seul résister à l'usure qui déforme rapidement tous les métaux.

On emploie pour cet usage des *enden* ou lames de diamant provenant du clivage des faces de l'octaèdre.

Les trous de ces filières sont percés par des industriels qui ont pris des brevets pour cette fabrication.

L'Observatoire de l'Aigoual, son importance au point de vue de l'étude des mouvements généraux de l'atmosphère;

Par M. G. FABRE, inspecteur des forêts.

M. le professeur Viguier a depuis longtemps entretenu les lecteurs du *Bulletin* de l'importance météorologique du massif montagneux de l'Aigoual, point culminant des Cévennes centrales, véritable sentinelle avancée qui domine au loin les plaines du Languedoc et les plages de la Méditerranée. Nous aurons à revenir prochainement sur les conditions météorologiques spéciales à cette montagne de l'Aigoual sur laquelle va être prochainement édifié, sous notre direction, et conformément à nos projets, un observatoire météorologique de premier ordre.

Pour le moment, nous désirons seulement insister, à l'exemple de M. Viguier, sur le rôle tout à fait prépondérant joué par les vents généraux dans la climatologie du Languedoc. Nous sommes persuadé que les vents, étudiés avec attention du haut d'un observatoire culminant comme sera celui de

l'Aigoual, se montreront certainement, suivant la juste expression de Ch. Martins, les arbitres des changements atmosphériques. Les preuves surabonderont; mais nous avons pensé que dès maintenant le simple récit des phénomènes atmosphériques qui ont signalé le milieu du mois de novembre dernier montrera mieux que le raisonnement comment, sur la montagne de l'Aigoual, les changements de vents se traduisent immédiatement par des météores d'une netteté parfaite. Nous prendrons comme exemple la semaine du 11 au 18 novembre, parce qu'elle nous présente la série à peu près normale des changements de temps de la saison d'automne. Nous avons pu tous les jours, du haut de la montagne, observer en détail les phénomènes atmosphériques qui se produisaient à la fois sur le versant océanique et sur le versant méditerranéen.

Depuis plusieurs jours, le baromètre baissait, le vent du sud-est était faible, mais le ciel s'était peu à peu voilé par des vapeurs épaisses, l'humidité était extrême. Le lundi matin 12 novembre, les nuages descendent jusqu'à la cote 500m, mais le sommet de l'Aigoual (1567m) émerge au-dessus de la mer de vapeurs. Vers 8h la pluie commence à tomber sur tous les contreforts méridionaux des Cévennes, le vent du Nord s'élève, prend graduellement de la force, et vers 10h souffle par rafales impétueuses qui s'engouffrent dans les vallées cévenoles; les nuages, refoulés par le vent, s'entassent au fond des gorges et fondent en averses torrentielles.

A ce moment, vers midi, un observateur placé sur les hautes cimes du col de la Serreyrède (1380m) était plongé dans la couche supérieure des nuages pluvieux, il voyait passer des rafales violentes de pluie et de brume, et, à travers les rares éclaircies, il pouvait apercevoir une couche de nuages supérieurs à 2000m environ d'altitude, montant lentement de l'ouest-sud-ouest et affectant la forme de cumulus. Plus haut encore, aux très grandes altitudes, régnait le courant des alizés du nord-nord-est, signalé par de légers cirrhus.

Telle était la situation sur le versant méditerranéen; mais cet éclat atmosphérique ne dépassait pas la crête des montagnes du Lingas et du Suchet; à 4km au delà de la ligne de faîte dans le versant océanique, le vent du sud-est (le marin comme disent les habitants) ne soufflait plus, les gros nuages à pluie semblaient s'être arrêtés à la ligne de faîte sur laquelle ils se fondaient en eau; sur terre une légère brise du sud-ouest, et dans le ciel la couche de cumulus venant du sud-ouest et laissant toujours apercevoir dans la haute région de l'atmosphère les cirrhus du nord.

Cet état se maintient pendant toute la journée du 12. Le 13, au matin, le sud-ouest devient plus fort, refoulant peu à peu sur la ligne de crête les nuages bas du marin, la pluie cessait

sur le versant méditerranéen, mais par contre, sur le versant océanique, la couche des cumulus descendait à la cote 900 et la pluie commençait, fouettée par un fort vent du sud-ouest tournant à l'ouest (*aouro basso*). Le contre-courant de l'alizé supérieur continuait et, entre les deux couches de nuages, quelques décharges électriques se produisaient dans la nuit du 13 au 14.

Dans la journée du 14, sur le versant océanique, le vent ne cesse de souffler avec force de l'ouest, mais il ne dépasse pas le faîte des montagnes : du haut du pic de la Fageole (1553^m), nous voyons les sombres nuées océaniques se déverser par-dessus les divers cols de la ligne du faîte, puis se fondre et disparaître au bout de quelques kilomètres, de façon à laisser briller le soleil sur tout le bas Languedoc et la vallée du Rhône. Quelques hautes cimes cévennales, telles que le mont Liron par exemple, conservent seules encore un chapeau de nuages à l'altitude de 900^m.

La nuit du 14 au 15 est signalée par l'invasion brusque du mistral (*aouro negro*) ou *roudergue*, qui accourt du nord-ouest et balaye devant lui tous les nuages; le baromètre remonte brusquement.

Le 15, ciel pur : le mistral tourne au nord vrai, mais sa force diminue; quelques cirrhus apparaissent dans la haute région venant du nord-est.

Le 16, baisse barométrique, le vent du nord est très faible, à peine sensible; quelques buées légères embrument l'horizon vers le sud.

Le soir, du haut des montagnes de la Luzette, le spectacle est admirable : un ciel d'une merveilleuse pureté, un air absolument calme. Sur la Méditerranée une barre de nuages noirs, presque immobile, s'étend au loin moutonnée et argentée à sa face supérieure, simulant un horizon de montagnes neigeuses, et se terminant à sa partie inférieure par une ligne noire horizontale.

Vers 5^h du soir on peut déjà voir cette barre s'avancer lentement, elle touche le sommet du pic Saint-Loup (633^m), près de Montpellier, puis elle déborde par-dessus et semble s'avancer en roulant sur les flancs septentrionaux du massif de l'Hortus. A ce moment le soleil se couche dans un ciel occidental d'une transparence parfaite, au milieu d'un embrasement rouge qui revêt les montagnes des teintes les plus chaudes.

A l'horizon se profile toute la chaîne pyrénéenne de l'Ariège et la silhouette dentelée du Canigou; 200^{km} nous séparent de ces montagnes, et cependant l'œil croit distinguer assez nettement dans l'intervalle les cimes plus basses des Corbières.

La nuit venue, une brise légère du sud-est commence à souffler, la brume couvre toutes les plaines du Languedoc,

l'air est très humide, mais les montagnes restent claires, les étoiles brillent. A 5^h du matin le vent d'ouest se lève faible, mais frais; l'humidité se condense sur place; un voile gris uniforme s'étend sur le ciel et s'épaissit rapidement; les nuages ainsi *nés sur place* descendent à 1000^m. Une pluie fine commence alors à tomber; les nuages continuent à descendre jusqu'à 700^m, la pluie augmente d'intensité sans que le vent se lève. Ce régime continue toute la journée du 16 sans que le vent d'ouest puisse prendre le dessus; enfin, le 17 au matin, le mistral du nord-ouest ou la *roudergue* balaye les nuages et ramène un ciel serein avec hausse barométrique.

Les enseignements généraux que met en relief le simple récit qui précède sont les suivants :

Le vent océanique (ouest-sud-ouest à ouest-nord-ouest) ou *aouro basse* ne parvient pas normalement à franchir les limites du bassin hydrographique de la Garonne, ou, s'il franchit ces limites, il cesse d'être pluvieux (journée du 14); c'est ainsi que ce vent peut parvenir quelquefois jusque dans l'Ardèche, mais alors il y amène un ciel pur parsemé seulement de quelques nuages (1).

Le vent méditerranéen (sud-est à sud-ouest) ou *marin*, presque saturé d'humidité, ne donne de fortes pluies que s'il rencontre vers la ligne générale de partage des eaux un courant opposé plus froid (journée du 12). Ce vent marin coexiste d'ailleurs presque toujours avec un contre-courant supérieur froid du nord-est; c'est entre ces deux courants que se produisent des décharges électriques même en temps normal, sans qu'il y ait lutte (nuit du 13 au 14) (2).

Le *mistral* (nord-ouest à nord) ou *roudergue* est le véritable maître de la climatologie locale. Froid et dense, il se précipite du haut des Cévennes dans les basses plaines du Languedoc, modifiant sa direction générale suivant chaque vallée qu'il emprunte, mais conservant partout un vent sec, violent, impétueux, susceptible de refouler devant lui tous les autres.

Ainsi que l'a fait ressortir M. Viguier dans ses *Études sur le mistral et le cers* (3), le relief du sol joue un rôle prépondérant dans la lutte des vents, lutte qui, si l'on en croit les beaux travaux de Dove et de Fitz-Roy, est dans le Languedoc plus encore qu'ailleurs la cause occasionnelle de bien des perturbations atmosphériques.

Nous avions toujours pensé que la montagne de l'Aigoual (1567^m), sommet des Cévennes qui domine à la fois les bassins

---

(1) M. Viguier, *Bulletin* n° 100.

(2) Charles Martins, Académie de Montpellier.

(3) Nos 55, 70, 73, 115, 116, 125, 126 du *Bulletin*.

océanique et méditerranéen, était un lieu vraiment privilégié pour l'étude de ces luttes de vents. Dès 1878, à l'occasion de la création de stations forestières expérimentales, nous avions signalé ce point à l'attention de l'administration des forêts, et nous avions insisté particulièrement sur l'utilité agricole des observations qui pourraient être faites sur ce sommet élevé du Languedoc.

Nous sommes heureux de pouvoir annoncer aux lecteurs du *Bulletin* que, grâce à l'infatigable dévouement de M. le colonel Perrier, qui a su réunir, en quelques mois, des subventions considérables, et grâce aussi à l'administration des forêts qui est disposée à faire tous les sacrifices nécessaires, nous pourrons très prochainement commencer la construction de l'observatoire de l'Aigoual, au sommet même de l'*Hort de Dieu*, sur le point précis où Cassini d'abord et les officiers d'état-major ensuite ont établi un de leurs signaux de premier ordre.

L'Azotine.

M. Heddebault a découvert une méthode pour retirer la laine, à l'état de solution, des tissus dans lesquels le coton et la laine se trouvent mélangés. Lorsqu'on soumet ces tissus à un courant de vapeur surchauffée sous une pression de 5^{atm}, la laine fond et tombe au fond du vase, tandis que le coton, le fil et les autres fibres végétales résistent et deviennent propres à la fabrication du papier. La laine, ainsi précipitée, est évaporée à siccité; elle se trouve ensuite complètement soluble dans l'eau; on lui donne alors le nom d'*azotine*. Les chiffons traités de cette manière augmentent de valeur dans une proportion suffisante pour couvrir toute la dépense; l'azotine se trouve préparée sans frais. Cette matière renferme tout l'azote à l'état soluble; on peut la comparer au sang desséché qui se vend sur le pied de $2^{fr},50$ par kilogramme d'azote. Cette découverte est des plus intéressantes pour les industries qui se rattachent soit à l'agriculture, soit à la fabrication du papier.

(*Revue industrielle.*)

Par suite de l'affluence des visiteurs, l'Exposition des collections sous-marines du *Travailleur* et du *Talisman*, au Muséum d'Histoire naturelle, rue de Buffon, n° 61, restera ouverte jusqu'au 15 mars.

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

---

9 MARS 1884. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 206.

CONFÉRENCE DU 15 MARS.

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

PRÉSIDENT : M. l'amiral **Mouchez**, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire de Paris.

M. **Faye**, membre de l'Institut, traitera le sujet suivant : *Formation du système solaire.*

CONFÉRENCE SUR LES VOLCANS (1),

FAITE A L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE,

Par M. CH. VÉLAIN, docteur ès sciences naturelles,
Maître de conférences à la Sorbonne.

III.

LES LAVES.

Les laves sont de beaucoup, parmi les produits volcaniques, ceux qui peuvent être considérés comme les plus importants. Sous ce nom viennent, en effet, se ranger toutes ces matières fondues rejetées par les volcans par millions de mètres cubes, sous la forme de courants liquides, dans les conditions que nous avons décrites, ou bien projetées dans les airs, à l'état de cendres, de scories et de blocs, dont les dimensions peuvent être considérables.

Cette dénomination ne s'applique donc pas à une roche de composition déterminée, mais bien à tout un ensemble de masses minérales complexes, issues des volcans par voie de fusion ignée, qui peuvent présenter dans leur texture, leur densité et leur composition minéralogique, de grandes variations.

Toutes, en raison de cette origine commune, possèdent un certain nombre de caractères constants qui permettent de les rapprocher.

---

(1) *Voir* les *Bulletins* nos 191, 192, 193, 196, 197, 199 et 201.

Le premier et le plus important, c'est la présence dans leur masse, quand elles sont devenues solides, de parties restées à l'état vitreux, qui ne sont autres qu'un reste du magma primitif, antérieur à toute séparation de composés minéraux. Le second, c'est l'existence également constante de petites cavités bulleuses, plus ou moins développées, provenant de l'expansion des gaz qu'elles charriaient alors qu'elles étaient encore à l'état de fluide igné.

Mais, à côté de ces traits saillants de ressemblance, les laves offrent entre elles des divergences profondes, qui tiennent surtout aux variations qu'elles présentent dans leur composition chimique. Un petit nombre d'éléments simples à divers états d'oxygénation, l'alumine, la soude, la potasse, la magnésie, la chaux et le fer, combinés à l'état de silicates, suffisent à eux seuls pour constituer toutes les masses laviques issues des volcans.

La proportion plus ou moins grande de silice, qui joue ainsi dans ces roches volcaniques le rôle d'acide, influe à ce point sur leur coloration, leur densité, sur la nature des éléments cristallins qui en font partie, qu'on a pu les diviser en deux grands groupes, les *laves acides* ou *légères* et les *laves basiques* ou *lourdes*; les premières, caractérisées par un excès de silice, c'est-à-dire par une teneur en silice supérieure à celle qui convient à l'orthose (65 à 66 pour 100), sont pauvres en chaux, en magnésie, en oxydes ferrugineux et riches en soude et en potasse; les secondes, ne contenant plus qu'une proportion de silice voisine de celle des silicates plus basiques, c'est-à-dire comprise entre 40 et 55 pour 100, renferment plus de chaux, de magnésie que de potasse et de soude et contiennent en outre une forte proportion d'éléments ferrugineux (*fer oxydulé*) qui leur communiquent leur propriété magnétique, leur coloration noire, ainsi qu'une grande densité (2,95 à 3,10).

Toutes arrivent au jour avec une provision de cristaux tout formés dont les contours sont souvent assez nets et les dimen-

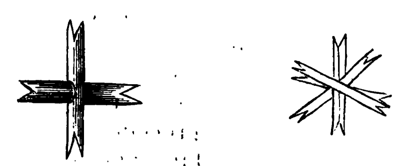


Fig. 34. — Microlithes feldspathiques.

sions assez grandes pour pouvoir être discernés à l'œil nu ou simplement armé de la loupe. La matière lavique, qui cimente tous ces minéraux disséminés ou agrégés par quantités variables, d'apparence homogène et longtemps considérée comme dépourvue de toute trace de cristallinité, se résout elle-même,

sous le microscope, à un grossissement suffisant, en un riche tissu de minéraux divers, que leurs formes réduites ont fait dénommer *microlithes* (*fig.* 34).

La découverte de ces cristaux microscopiques, nés ainsi au sein de la masse vitreuse des roches volcaniques pendant l'acte de consolidation de la lave, et dont l'existence n'était même pas soupçonnée avant l'application du microscope à la pétrographie, a été une des conquêtes les plus importantes de la micrographie moderne. Le développement de la cristal-



Fig. 35. — Cristallites.

linité dans une substance amorphe étant, en effet, un des problèmes qui depuis longtemps préoccupaient les minéralogistes. L'emploi des forts grossissements a révélé, dans ces parties vitreuses des laves, toute une catégorie de formes élémentaires (*cristallites*) (*fig.* 35) fort intéressantes, établissant tous les passages entre l'état amorphe et l'état cristallin.

Le microscope a été plus loin dans cette détermination exacte des éléments intégrants des laves ([1]); il a fourni des données précises sur leurs associations, sur leur mode d'agencement, en montrant que la cristallinité de ces minéraux divers ne s'était pas faite simultanément, mais s'était opérée en plusieurs temps dans chacun desquels la cristallisation a affecté des caractères particuliers dont on peut suivre toutes les phases.

Les *grands cristaux*, distincts à l'œil nu, appartiennent à un premier stade de consolidation qui s'est opéré, dans les profondeurs du sol, antérieurement à l'épanchement de la lave, dans des conditions de tranquillité et de refroidissement très lent, qui leur ont permis de prendre, avec de grandes dimensions, une structure le plus souvent zonaire, dénotant un accroissement lent et régulier.

A cette époque calme a succédé une période troublée, et de refroidissement plus rapide, correspondant à l'éruption, pendant laquelle ces cristaux précédemment formés, charriés dans la lave liquide portée à l'incandescence, ont été soumis à des actions mécaniques et chimiques intenses.

L'analyse microscopique les montre, en effet, tordus, brisés,

---

([1]) Fouqué et Michel Lévy, *Minéralogie micrographique*. — Fouqué, *Les applications modernes du microscope à la Géologie* (*Revue des Deux-Mondes*, 1879).

dispersés souvent, par fragments, au milieu de la masse lavique qui les renferme; leurs arêtes émoussées, des traces de corrosions souvent profondes, témoignent de l'intervention d'une température élevée, susceptible de les avoir soumis à une fusion partielle.

C'est alors que s'est produite la seconde poussée cristalline; dans la masse vitreuse qui enveloppe tous ces cristaux anciens, en débris, les microlithes fourmillent et se disposent suivant des directions déterminées, autour des éléments de première consolidation, pénétrant dans leurs cassures, s'allongeant, dans leurs intervalles, sous forme de longues traînées fluidales, où ils se réunissent parfois en nombre si considérable, qu'il ne reste plus trace du magma vitreux primitif.

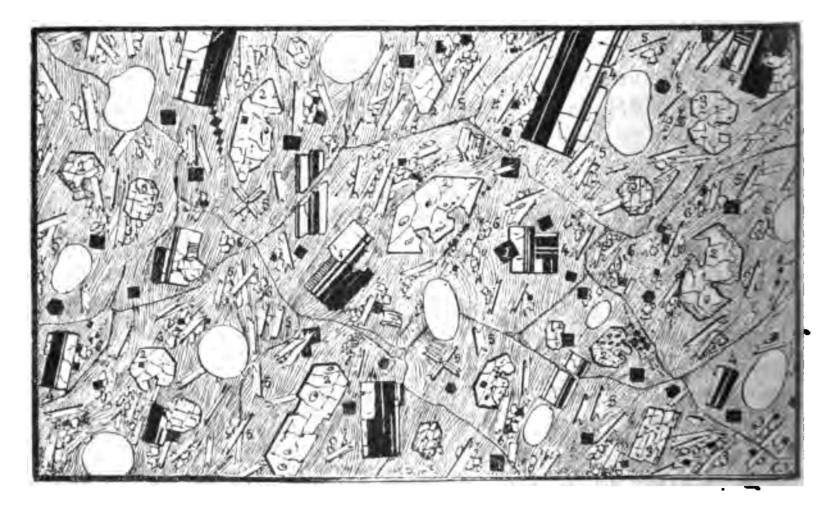


Fig. 36. — Lave vitreuse à labrador. (Ile de la Réunion). Coulée de 1874.

I. *Eléments de première consolidation.* — 1, fer oxydulé. — 2, péridot. — 3, augite. — 4, anorthite.

II. *Éléments de seconde consolidation.* — 5, microlithes de labrador. — 6, granules d'augite et de fer oxydulé, disséminés dans une matière amorphe à structure fluidale.

La petitesse extrême de ces éléments de seconde consolidation, indice d'un arrêt souvent subit dans la cristallisation, par suite du brusque refroidissement de la coulée, leur disposition par longues traînées, manifestement orientées dans le sens de l'écoulement de la lave, témoignent qu'ils ont pris naissance dans un liquide en mouvement.

Leur formation, contemporaine de l'épanchement de la lave, est encore attestée par ce fait que, dans les parties superficielles des coulées, dont la consolidation a été rapide, ces

microlithes sont rares, clairsemés, réduits à l'état de cristallites et font même parfois défaut.

L'état amorphe que conservent, après leur chute, les projections, qu'on sait être rapidement solidifiées, par suite de leur brusque refroidissement dans l'air, en est encore une preuve des plus directes.

Dans chacun de ces stades de consolidation, la cristallisation a affecté des caractères particuliers; l'agencement des minéraux s'y est surtout effectué diversement.

Tel minéral ne s'isole à l'état de cristaux que dans le premier stade, tel autre n'apparaît que dans le second. Le péridot, par exemple, qui prédomine dans les laves basiques, ne s'y présente qu'à l'état de grands cristaux anciens, en débris, autour desquels sont venus se grouper les éléments microlithiques du second temps.

Il en est de même pour la leucite, qui, dans certaines laves

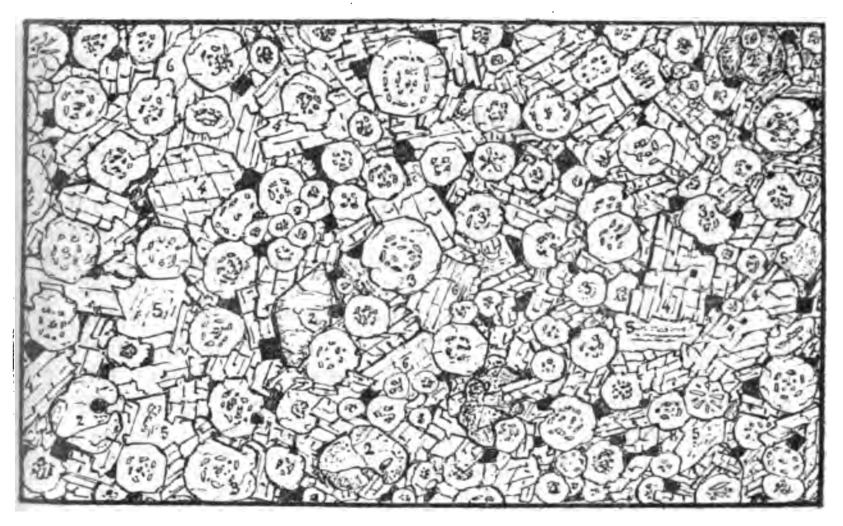


Fig. 37. — *Leucitite de la Somma* (Vésuve). Cette lave représente le terme le plus basique de la série des laves.

I. *Éléments de première consolidation.* — 1, magnétite. — 2, péridot. — 3, leucite. — 4, augite.

II. *Éléments de seconde consolidation.* — 5, microlithes d'augite et de fer oxydulé. — 6, mélilite.

du Vésuve (*leucitite*) (*fig.* 37), où elle abonde au point de se substituer au feldspath en devenant l'élément caractéristique, a manifestement cristallisé antérieurement aux minéraux qui l'accompagnent dans le second temps.

Ceux qui se présentent dans les deux cas affectent des particularités de structure propres à chacun des deux stades de

consolidation qui permettent de les distinguer. Tels sont les feldspaths, qui à l'état de grands cristaux, sont développés suivant la face g^1; tandis que leurs microlithes sont allongés suivant l'arête pg^1.

Enfin on a pu faire encore cette remarque que, dans chacun de ces deux stades, les espèces minérales ne cristallisaient pas rigoureusement au même instant et qu'elles apparaissaient dans l'ordre inverse de leurs fusibilités respectives. C'est ainsi que les éléments feldspathiques sont le plus souvent moulés par les cristaux de pyroxène (augite), qui trahissent bien ainsi leur postériorité.

Quand le labrador se sépare à l'état de grands cristaux dans le premier stade, c'est l'oligoclase qui prend la forme microlithique dans le second; dans le cas de l'anorthite en grands cristaux, on reconnaît dans la lave qui les contient des microlithes de labrador.

En résumé, les laves, considérées pendant bien longtemps comme des roches *pseudo-ignées*, dans la formation desquelles l'action de la vapeur d'eau, qui accompagne avec une constance remarquable toutes les manifestations volcaniques, venait se combiner à celle de la chaleur, se comportent comme devant leur origine à l'action exclusive d'une fusion ignée suivie d'un lent refroidissement, sans l'intervention de pressions ni de températures excessives, et surtout sans qu'il soit besoin d'un repos absolu, condition jadis considérée comme indispensable à toute cristallisation régulière.

Reproduction artificielle des roches volcaniques. — Ces conclusions, déduites de l'observation microscopique pure, ont conduit MM. Fouqué et Michel Lévy à entreprendre une série d'expériences synthétiques qui sont venues, récemment, leur apporter une éclatante confirmation; des creusets de ce laboratoire, désormais célèbre, sont sorties, en effet, des roches à éléments cristallins identiques à celles qui s'élaborent dans les immenses foyers souterrains du Vésuve et de l'Etna.

Il a suffi à ces savants expérimentateurs de soumettre, dans des creusets de platine de 20^{cc} de capacité, des verres parfaitement homogènes, constitués de façon à présenter en bloc la composition moyenne de la roche dont on tentait la reproduction, à des températures successivement décroissantes, pour obtenir, par voie de fusion purement ignée, des produits artificiels présentant, non seulement les mêmes éléments cristallins, mais la même structure que les roches volcaniques.

Nous citerons, comme exemple de ces expériences remarquables, le dispositif employé pour la reproduction d'une lave à leucite, la *leucotéphrite*, qu'on peut considérer comme le type normal de celles habituellement rejetées par le Vésuve. Une première opération consiste à fondre, en un verre homo-

gène, les quantités de silice, d'alumine, de potasse, de soude, de magnésie, de chaux et d'oxyde de fer, qui correspondent à 1 partie d'augite, 4 de labrador, et 8 de leucite. Le culot ainsi obtenu est maintenu d'abord, pendant quarante-huit heures, au rouge blanc dans un creuset porté à la température de la fusion de l'acier; les éléments de la leucite s'isolent et passent à l'état cristallin.

Puis, dans un second temps, la matière est maintenue, de nouveau pendant quarante-huit heures au rouge-cerise, c'est-à-dire à la température de fusion du cuivre, où l'acier se ramollit seulement; tout le culot se prend alors en une masse cristalline.

Ce culot définitif, après son double recuit, taillé en lames minces, montre sous le microscope, dans les proportions attendues, l'augite en petits microlithes verts allongés suivant $h^1 g^1$; le labrador en grands microlithes, maclés suivant la loi de l'albite, et allongés parallèlement à l'arête pg^1. La leucite se présente de même avec tous les caractères et toutes les propriétés optiques qu'elle possède dans les laves du Vésuve. Il s'est produit là aussi de petits octaèdres réguliers de fer oxydulé et de picotite, dont la consolidation est en partie antérieure à celle de la leucite, comme dans les roches naturelles.

Non seulement les leucotéphrites, mais les leucitites, c'est-à-dire les laves dépourvues d'éléments feldspathiques qui représentent le terme le plus basique de la série lavique, ont été reproduites intégralement par voie de fusion sèche.

Il en a été de même pour le *basalte*, qui a été obtenu identique à celui des plateaux de l'Auvergne, en traitant de la même façon un verre noir parfaitement homogène, constitué de manière à présenter la composition moyenne d'un basalte riche en olivine (6 d'olivine, 2 d'augite, 6 de labrador).

La première phase de l'opération, qui représente bien le premier temps de consolidation des roches, a fourni de nombreux cristaux de péridot, englobés dans un magma vitreux où avaient pris naissance, dans le même temps, des octaèdres de fer oxydulé et de picotite d'un diamètre moyen de $0^{mm},02$. La seconde partie de l'opération, à une température moindre, a produit de nombreux microlithes de labrador ($0^{mm},15$ sur $0^{m},03$) allongés suivant pg^1 et présentant les mâcles caractéristiques, associés à des microlithes raccourcis d'augite ($0^{mm},05$ sur $0^{mm},025$) et de fer oxydulé, avec picotite ($0^{mm},005$) transparente et d'un brun foncé.

Cette expérience, désormais classique, résout définitivement la question de l'origine des basaltes, si souvent controversée : ce sont des roches de formation purement ignée.

Le feldspath dans certaines roches éruptives anciennes, très

répandues dans les Pyrénées, où elles sont connues sous le nom d'*ophites*, apparaît moulé et souvent englobé par des plages très étendues de pyroxène (augite) qui trahit bien ainsi sa consolidation postérieure à l'élément feldspathique. Cette disposition très remarquable, reconnue pour la première fois et désignée par M. Michel Lévy sous le nom de *structure ophitique*, se présente également dans les roches volcaniques, notamment dans les coulées de laves doléritiques d'Islande, ainsi que l'a bien mis en lumière l'exploration récente que M. René Bréon vient de faire de cette île, qui peut être considérée comme la reine des îles volcaniques.

Il s'agissait donc, pour reproduire cette structure, de faire cristalliser le feldspath antérieurement à l'augite et en outre de donner à ce dernier minéral le temps de se disposer en cristaux de grande dimension.

L'expérience a pleinement réussi, en traitant un mélange de 1 partie d'anorthite et de 2 parties d'augite. Un premier recuit, qui dure quatre jours à la température de la fusion de l'acier, amène la cristallisation de l'anorthite; un second recuit de quatre jours, à la température de fusion du cuivre, donne à l'augite la structure cherchée.

Cette expérience, de nouveau très concluante, a démontré que les roches microlithiques et ophitiques avaient même origine et qu'en particulier les ophites, longtemps considérées comme des roches métamorphiques, devaient être assimilées, au point de vue de l'origine, aux roches volcaniques de fusion ignée.

Tous ces essais à jamais mémorables, dont le résultat est d'augmenter considérablement le domaine de la fusion purement ignée, avaient été précédés et préparés en quelque sorte, par des reproductions, par la même voie sèche, d'un grand nombre de minéraux, parmi lesquels se trouvent précisément ceux qui peuvent compter comme essentiels dans les roches volcaniques, tels que divers feldspaths (oligoclase, labrador, anorthite), la leucite, la néphéline, l'augite, avec tous les détails de structure que le microscope a révélés ([1]).

Température des laves. — La température des laves au moment de leur émission, sans être excessive, reste toujours très élevée. Il n'est guère possible d'observer comment elle se comporte dans le cratère pendant les paroxysmes des volcans à projections, la chute des blocs et des scories brûlantes, la violence des dégagements gazeux qui s'échappent de toutes les parties du sol fissuré, rendant impossible l'accès de l'orifice de décharge et celui même du cône qui le supporte. Mais

([1]) Fouqué et Michel Lévy, *Synthèse des minéraux et des roches*, p. 63 et suiv.; 1882.

dans les volcans en activité continue, tels que le Stromboli, et le célèbre lac de feu de Kilauea, des observateurs courageux, tels que Poulet-Scrope en 1820 et plus récemment M. Coan en 1868, ont pu s'approcher de la lave incandescente et constater que sa température, dépassant celle de la fusion du cuivre, devait se tenir entre 1000° et 2000°.

Des observations plus précises ont pu être effectuées sur les coulées en marche. Aussitôt son exposition à l'air, la lave, en effet, se couvre rapidement d'une croûte scoriforme qui conduit si mal la chaleur qu'on peut stationner dessus, alors qu'à quelques décimètres au-dessous la lave en fusion se laisse entrevoir, au travers des crevasses, comme une traînée de feu.

Charles Sainte-Claire Deville, en 1875, a pu reconnaître de la sorte qu'un fil de fer plongé dans la lave avait subi un étirement sensible et qu'il avait fondu à son extrémité; on lui doit encore cette observation, maintes fois vérifiée depuis, que la résistance d'une pareille masse fondue est relativement considérable ; il faut exercer une forte pression pour y faire pénétrer un bâton, qui s'enflamme tout aussitôt. Quand on y projette des blocs de pierre, ils rendent un son sec et ont peine à s'y enfoncer.

Protégée contre le rayonnement par la faible conductibilité de cette enveloppe scoriacée, cette haute température peut persister longtemps et la lave se maintient encore en fusion alors que toute trace d'activité a cessé dans le foyer qui l'a émise. La coulée du Jorullo, en 1759, en est un exemple frappant; cinquante et un an après son émission, elle donnait encore des traits sensibles de chaleur. Sept années après sa sortie, la coulée du Vésuve de 1858 présentait encore à sa surface une température de 72°.

Poulet-Scrope ([1]) raconte qu'en 1859, sur ce même massif, un courant de lave était encore pourvu d'un mouvement, très lent il est vrai, à son extrémité inférieure, alors que depuis dix mois l'éruption qui lui avait donné naissance avait cessé.

Malgré cette haute température, la chaleur d'irradiation d'une pareille masse en fusion est loin d'être aussi intense qu'on pourrait s'y attendre. Ces médailles et ces empreintes, que les guides napolitains frappent avec la lave, à chaque nouvelle reprise du Vésuve, pour en fixer la date, témoignent qu'on peut s'approcher, sans crainte, de la coulée, alors qu'elle est en marche.

Nous avons déjà vu qu'un grand nombre d'arbres restent debout quand une pareille coulée rencontre une forêt; emprisonnés dans une gaine protectrice de scories, qui se moule sur leur écorce, ils conservent tout leur feuillage et n'éprou-

---

([1]) Poulet-Scrope, *les Volcans*, p. 85.

vent aucun arrêt dans leur croissance. L'impuissance des grands volcans de la Cordillère à se débarrasser du manteau de neige qui couvre leur cime, même dans leurs périodes paroxysmales, est, de même, bien connue et souvent citée comme une preuve du peu d'intensité des phénomènes calorifiques auxquels les laves en fusion donnent lieu. On peut encore citer ce fait, non moins probant, qu'en 1860 un de ces nombreux volcans actifs d'Islande, cachés sous des neiges éternelles, le Kotlugja, a lancé dans les airs des blocs de lave avec des morceaux de glace entremêlés [1].

Divers modes de consolidation des coulées. — Les variations que nous venons d'établir dans la composition chimique des laves exercent sur la constitution des coulées une grande influence. Les laves basiques, manifestement plus fluides que les laves acides et le plus souvent particulièrement riches en matière vitreuse, s'écoulent avec une grande vitesse, qui peut atteindre et même dépasser celle des grands cours au voisinage de leur embouchure.

Au Vésuve, des vitesses de 8^m par seconde ont pu être observées. A la Réunion, celles qui s'échappent ainsi par jets paraboliques des flancs entr'ouverts du cratère brûlant, à chaque éruption nouvelle, franchissent, en quelques heures, la distance de 5^{km} qui les sépare de la mer [2].

Laves cordées. — Ces laves, restant longtemps fluides, se solidifient lentement en longues traînées visqueuses, en replis ondulés qui, figurant souvent comme autant de paquets de cordages entrelacés, méritent bien le nom de *laves cordées*, qui leur a été appliqué.

Leur surface se couvre de crevasses, d'où s'échappent des quantités de vapeurs et parfois de véritables jets de lave qui à leur tour se congèlent en replis tortueux. Parfois ce sont des véritables explosions qui se produisent, et sous l'effort des gaz la croûte superficielle peu épaisse se soulève en donnant lieu à un monticule conique dont le centre reste creux.

La *fig.* 38 représente une de ces ampoules formée ainsi par la poussée des gaz, sur une des grandes coulées qui, à la

---

(1) WALLICH, *North atlantic Sea-Bed.*

(2) Le 3 novembre 1858, la lave qui s'était échappée par trois fissures ouvertes au sommet des grandes pentes mit quatre heures pour en atteindre la base. A 9^h du soir, elle envahissait la route du littoral, interdisant toute communication entre Saint-Philippe et Sainte-Rose, et le lendemain matin elle se déversait à la mer. M. Maillard assigne, à cette coulée, une vitesse de 400^m à l'heure. Quelques années auparavant une coulée plus considérable, qui occupe maintenant dans le Grand-Brûlé un espace de 2350^m, atteignit le littoral en moins de 8^h. (L. MAILLARD, *Notes sur l'île de la Réunion* p. 102; 1862.)

Réunion, descendent du piton Bory, aujourd'hui éteint, pour se diriger vers la grande plaine de laves, au-dessus de laquelle se dresse dans l'est le piton de la Fournaise, qui supporte le cratère actif.

Cette grotte, connue sous le nom de *caverne de Rosemond*, large de 18 à 20m, sur 4 à 5m de haut, s'étend sur une quarantaine de mètres de longueur. Sa voûte, autrefois très régulière, maintenant en partie effondrée, est tout entière tapissée

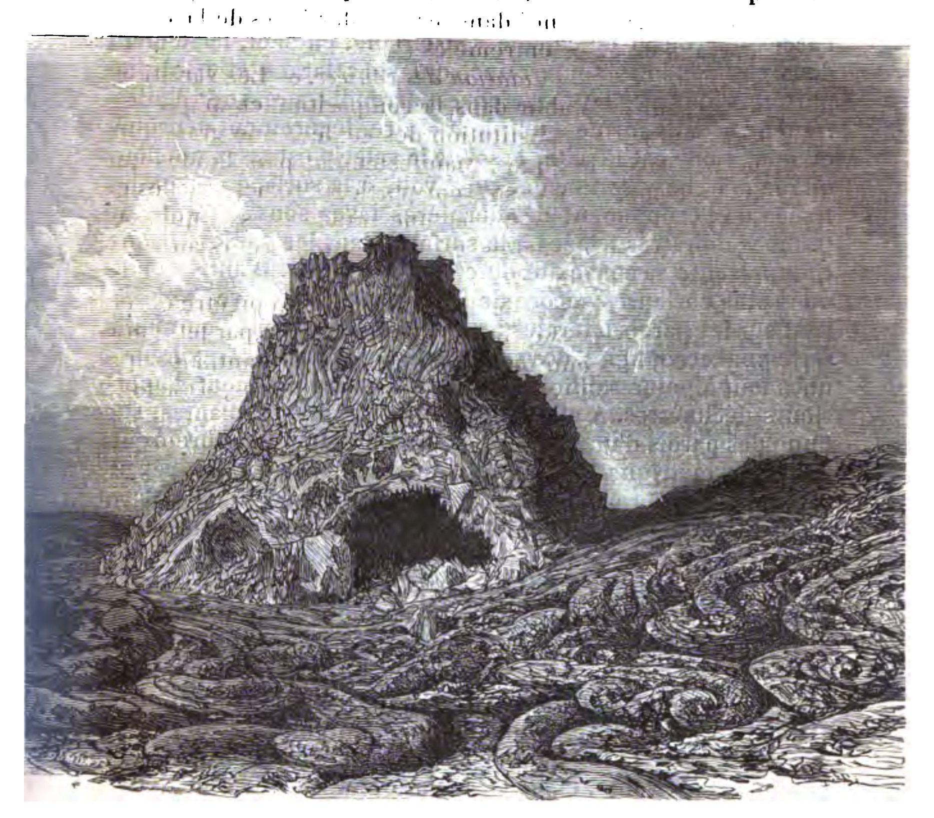


Fig. 38. — **La grotte de Rosemont, au milieu d'une coulée du piton Bory (la Réunion).**

de longues stalactites de laves, couvertes d'efflorescences salines qui étincellent comme des diamants. Sur le sol on trouve, çà et là, de petits tas de lave, bizarrement contournés, qui ont dégoutté, en longs filaments visqueux, des stalactites de la voûte.

Gaines et Tunnels. — Ces laves ont également une grande tendance à se creuser des canaux, sous lesquels, pendant de longs mois, la matière en fusion, conservant sa fluidité, circule, sous cette gaine refroidie sur laquelle on peut marcher

impunément, en échappant complètement à l'observation directe; çà et là, des bouffées de gaz et de vapeurs acides, s'échappant de quelque crevasse, révèlent seules la haute température qui règne au-dessous.

Quand la coulée cesse, le niveau de la lave baisse, et ce canal se vide en laissant un véritable tunnel, dans lequel on peut pénétrer lorsque le refroidissement est complet.

Ces tunnels sont très fréquents à la Réunion, dans toute l'étendue du *Grand-Brûlé*, où ils facilitent singulièrement l'accès du volcan de ce côté. On circule, en effet, facilement dans ces conduits souterrains, qui sont larges et hauts de plusieurs mètres. La voûte en est arrondie, presque régulièrement, sous la forme d'un plein cintre, légèrement déprimé, et, quand elle est intacte, le sol de la galerie est assez uni pour que la marche y soit facile. On y voit, à la surface du sol, les traces de l'écoulement des dernières laves sous la forme de traînées noirâtres, ridées à la surface, dans lesquelles chaque ride présente sa convexité du côté de la pente. D'autres marques plus curieuses encore de l'écoulement des laves s'observent sur les parois latérales : ce sont des stries plus ou moins fortement accentuées, des espèces de moulures dont quelques-unes font à peine saillie, tandis que d'autres avancent de plusieurs décimètres. A chacune de ces moulures saillantes, sur l'une des parois d'une galerie, correspond une moulure exactement symétrique sur la paroi opposée. Ces saillies représentent les différents niveaux auxquels la surface de la lave est, plus ou moins longtemps, restée stationnaire pendant la durée de l'écoulement. Les parois latérales se rapprochent légèrement vers leur base, et, dans ces points, les saillies sont plus prononcées qu'à un niveau plus élevé, ce qui doit être attribué à ce que la lave plus refroidie, et par conséquent moins fluide, à la fin de son écoulement, a laissé se figer, contre les parois, une portion de la matière qui la composait. Des stalactites nombreuses de lave solidifiée, longues souvent de $0^m,30$ à $0^m,40$ et le plus ordinairement de la grosseur du doigt, pendent de la voûte, ou de la face inférieure des saillies latérales. Quelquefois ces stalactites sont réunies les unes aux autres, de manière à représenter une sorte de rideau frangé. Presque toujours elles sont pleines; dans quelques cas rares, elles sont creuses et alors bien plus irrégulièrement cylindriques. Sur le sol on trouve parfois, surtout dans des cavités latérales distinctes du conduit principal, des stalagmites singulières qui figurent, tantôt une série de gouttelettes, amincies chacune par une de leurs extrémités comme des larmes bataviques soudées ensemble par petits tas, tantôt une agglomération, comme celle qui résulterait du dépôt d'un cordon de matière visqueuse enroulé et pelotonné sur lui-même.

Ce sont de pareils canaux souterrains creusés dans les laves basaltiques qui m'ont permis en 1872 d'atteindre également le sommet de l'île Amsterdam, dans l'océan Indien. Ces tunnels, qui s'étendent là sur plusieurs centaines de mètres de long, larges de 8^m à 10^m avec une hauteur double, forment d'admirables galeries souterraines, dont la voûte, à demi cintrée, est garnie de longues stalactites aux couleurs rutilantes, garnies souvent d'efflorescences salines et de milliers de petits cristaux de gypse, comme celles de la caverne de Rosemond à la Réunion, qui descendent transversalement sur les côtés, en figurant de sombres draperies à bords festonnés. Souvent ils sont obstrués par un entassement prodigieux de blocs énormes de lave qui semblent entassés là par la main des géants. Cette particularité a lieu quand la gaine scoriacée, ainsi engendrée, ne possède pas la solidité nécessaire pour résister aux mouvements tumultueux des masses en fusion sous-jacentes. Dans ce cas, ainsi que M. Fouqué l'a observé aux Açores, où de pareils phénomènes se sont produits avec une intensité remarquable, les fragments de lave scoriacée disloqués sont charriés à la surface du courant incandescent et viennent se déverser soit sur les flancs, soit et surtout à l'extrémité terminale de la coulée, en s'y entassant sous la forme de moraines, analogues, à certains égards, à celles des glaciers.

Laves vitreuses. — Tel a été l'aspect sous lequel s'est présenté, en novembre 1880, la grande coulée de lave vitreuse, issue du Mauna-Loa, aux Sandwich, avec toute la violence dont ces grands volcans sont capables.

M. L. Green, témoin oculaire du phénomène, décrit ce courant comme se mouvant avec une force irrésistible, charriant à sa surface d'énormes quartiers de lave, entassés à la manière de ces embâcles qui se forment sur les rivières gelées dans les grands froids de l'hiver. Le front de ce fleuve de pierres incandescentes formait une muraille de 5 à 10^m de haut qui, cédant, sans cesse, sous l'effort de la lave, s'entr'ouvrait par places pour laisser passer la masse fluide, qui tout aussitôt disparaisait sous les scories.

Cette coulée a pris naissance en un point situé près des cratères de 1850 et de 1855 (*voir* la carte de l'île Hawaï, *fig.* 15). Elle a commencé le 5 novembre 1880 et s'est continuée sans interruption, avec une extrême régularité, jusqu'en août 1881. Tous les phénomènes auxquels ce puissant courant de lave a donné lieu ont été étudiés avec soin; de nombreuses photographies, prises dans toutes les directions, reproduisent maintenant toutes les phases de cette éruption, la plus considérable qu'ait donnée le Mauna-Loa depuis cinquante ans.

Partout où la lave a pu être aperçue au travers des crevasses de sa croûte scoriacée et de ses remblais habituels, on

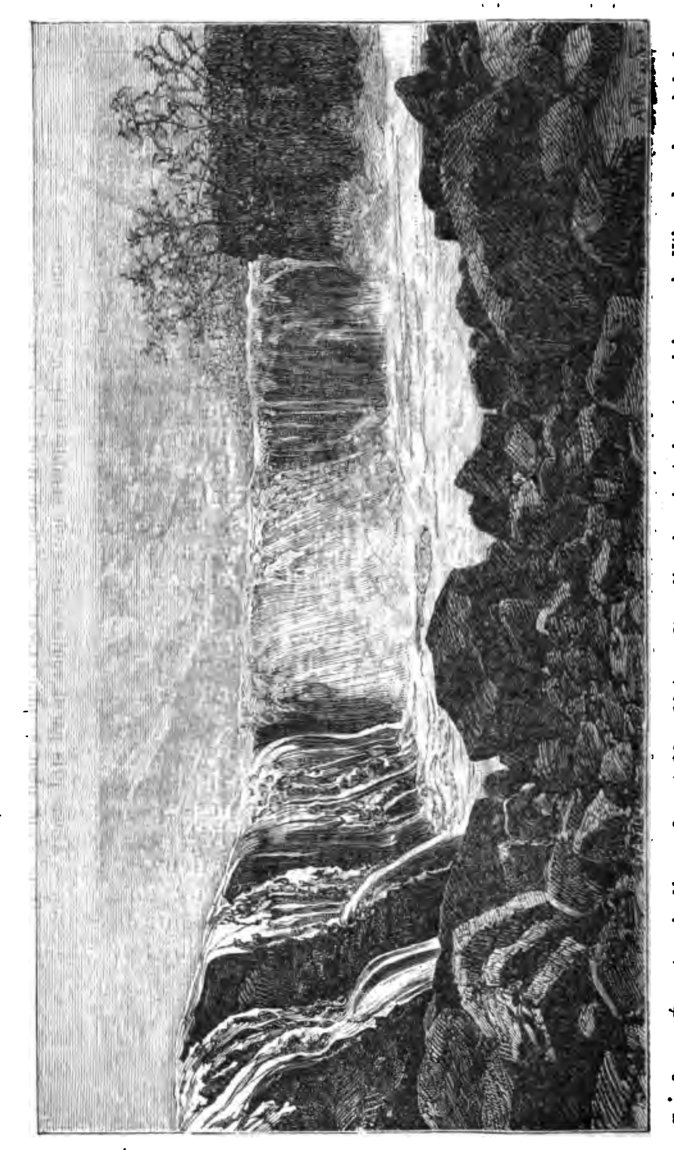


Fig. 39. — **Éruption du Mauna-Loa (1880-1881). — Vue d'un lac situé dans le voisinage de Hilo, dans lequel la lave s'est déversée à la manière d'un torrent impétueux. D'après une photographie prise quarante minutes après la première apparition de la lave sur les bords** (¹).

l'a vue, portée au rouge blanc, s'écouler avec une fluidité comparable à celle de l'eau.

(¹) *La Nature*, éruption du Maun -Loa, n° 452, 28 janvier 1882.

La *fig.* 39 représente, d'après **M. L. Green**, un étang à parois verticales situé à 3^{km} de **Hilo** qui, atteint par cette coulée, a été rempli jusqu'au bord en une heure et demie.

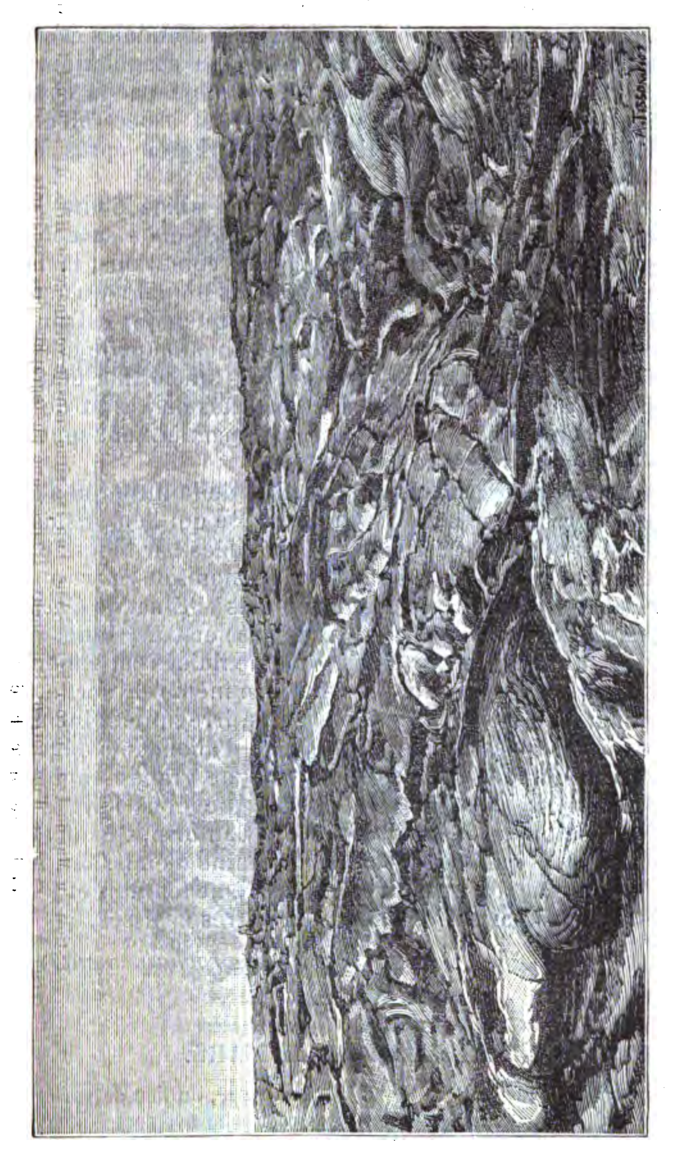


Fig. 40. — Aspect pris par la coulée après avoir comblé le lac en son entier. (D'après une photographie exécutée une heure après la précédente.)

Ces laves doivent leur fluidité exceptionnelle à leur état vitreux (*fig.* 17). Il est alors à remarquer qu'elles ne sont accompagnées d'aucun dégagement de gaz, ni de vapeurs;

aussi, après leur solidification, qui ne se fait qu'avec une extrême lenteur, elles restent compactes et leur surface, douée de ces reflets miroitants qui ont valu à ces laves, de la part des indigènes, le nom bien significatif de *pahoe-hoe* (peau de satin), est marquée de replis concentriques et ondulés comme ceux qu'affecte une masse de cire après sa coagulation. La *fig.* 40, qui représente l'étang de Hilo comblé par la coulée de 1880, donnera une idée très exacte de cet aspect bien caractéristique que prennent les laves vitreuses après leur solidification.

Laves acides. — Dès que la teneur en silice d'une lave s'élève, elle amène un changement complet dans sa coloration, sa densité et sa fusibilité. Dans ces conditions, la lave devenue visqueuse ne se maintient plus liquide qu'à une haute température; elle se refroidit brusquement à l'air en se recouvrant d'une croûte scoriforme, sous laquelle elle se maintient, pendant quelque temps, dans un certain état de liquidité, en laissant échapper des quantités de gaz et de vapeurs qui, comprimées dans le dessous, parviennent souvent à faire éclater cette enveloppe.

C'est alors que se produisent, par suite de la lutte qui s'établit ainsi entre la lave et la croûte scoriacée qui l'emprisonne, ces coulées à surfaces rugueuses, consolidées par blocs anguleux et déchiquetés, qui méritent bien les noms de *Serre* ou de *Sciarre* (dents de scie) qu'on leur a donnés à l'Etna, de *Cheires* en Auvergne et de *Malpais* (mauvais pas) en Amérique.

Les laves franchement acides, à peine fluides au moment de leur sortie, s'amoncellent sur l'orifice même de sortie, en figurant un entassement de blocs noirs, irréguliers, incohérents, dont l'accroissement, accompagné d'abondants dégagements de vapeurs, se fait souvent avec une grande rapidité, sans projections, sans secousses, ainsi que nous l'avons vu dans l'apparition du *Giorgios*, en 1866, à Santorin. Quand elles se répandent à quelque distance du point d'émission, leur marche s'effectue toujours avec une extrême lenteur, et leurs coulées restent, par suite, compactes et très épaisses.

(*La suite prochainement.*)

CONFÉRENCE DU 22 MARS.

M. Laurent de Rillé traitera de la *Musique russe*, au lieu de parler de l'œuvre de Charles Gounod, comme il en avait primitivement l'intention.

Le Gérant : E. COTTIN,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

16 MARS 1884. — BULLETIN HEBDOMADAIRE N° 207.

CONFÉRENCE DU 22 MARS.

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

PRÉSIDENT : M. **Milne-Edwards**, Membre de l'Institut.

M. **Laurent de Rillé**, inspecteur général du chant, traitera le sujet suivant : *La musique russe.*

Conférence sur le reboisement des montagnes;

Par M. AMÉDÉE BOUQUET DE LA GRYE, Conservateur des forêts.

SÉANCE DU 2 FÉVRIER 1884.

M. Delorme a rendu compte de cette très intéressante et très substantielle Conférence dans l'article suivant :

« Depuis bien longtemps les questions du repeuplement des forêts et du reboisement des montagnes ont occupé les savants, les économistes et tous ceux qui ont quelque souci de la conservation des biens naturels que peut fournir le sol; mais ce n'est guère qu'à partir de 1860 que les *services des forêts* ont été dotés de sommes importantes qui leur ont permis d'entreprendre de grands travaux.

» Avant d'esquisser cette entreprise colossale du reboisement des montagnes, le conférencier a expliqué comment les torrents se forment et a montré sur des photographies agrandies et projetées sur le tableau les ravages qu'ils produisent.

» Les torrents entraînent les matériaux après les avoir désagrégés et les font rouler jusque dans les vallées, mais l'exhaussement ne se fait pas d'une manière uniforme, et les matériaux se disposent en cônes que l'on désigne sous le nom de *cônes de déjection;* conséquemment le niveau des vallées s'élève et présente en même temps par places des surélévations formées de matériaux amoncelés ne présentant aucune stabilité et se prêtant à de nouvelles érosions.

» Les exemples de dégradations et de bouleversements du sol mis sous les yeux des spectateurs se rapportent aux Alpes, aux Pyrénées et aussi aux montagnes de l'Auvergne. Le torrent du Bourget (Basses-Alpes) est représenté avant qu'on y eût fait aucun travail de consolidation et de reboisement. En 1866, l'état de cette localité était caractérisé par la dégradation progressive du sol, une dangereuse instabilité, un écoulement instantané des eaux et des affouillements qui menaçaient les terres cultivées et toute la vallée inférieure.

» D'autres vues photographiques sont des images très saisissantes des diverses phases des travaux entrepris par l'administration des forêts; d'abord des travaux de consolidation appliqués à divers torrents, qui ont pour but d'arrêter les ravages de ravinement, en construisant aux points les plus bas des barrages en maçonnerie de 30m, 40m et même 60m de front et 2m à 5m de hauteur. Ces barrages ont pour effet d'exhausser le niveau du torrent, tout en élargissant sa section, ce qui atténue sa violence. Des barrages sont ensuite construits à des altitudes de plus en plus grandes. Suivant les cas, les barrages sont remplacés par des clayonnages et des fascinages ayant pour objet surtout d'arrêter les matériaux entraînés par le torrent, tout en laissant passer les eaux. On échelonne aussi dans les thalwegs des barrages rustiques, des murs de soutènement et des fascinages pour diriger et atténuer le mouvement des eaux.

» A mesure que les travaux de consolidation s'exécutent, la violence du torrent diminue et il faut songer à compléter l'œuvre en commençant les gazonnements; enfin, plus tard, quand le sol est suffisamment stable et gazonné, on procède au reboisement, en plantant des essences appropriées au terrain et aux conditions locales.

» M. Bouquet explique le rôle multiple des parties boisées pour réduire les effets désastreux des eaux : les racines et les troncs d'arbres consolident le terrain, en même temps les feuilles et les branches retiennent une partie des eaux de la pluie; enfin l'humus des forêts retient aussi une quantité d'eau très notable.

» Les procédés de reboisement pratiqués depuis une vingtaine d'années ont donné d'excellents résultats et sont très encourageants pour l'avenir.

» On peut comprendre facilement, par des images aussi grandes et aussi détaillées que celles présentées au cours de cette Conférence, que les travaux à effectuer sont remplis de difficultés et qu'ils exigent une grande constance dans les efforts de ceux qui les dirigent.

» Il est d'ailleurs superflu d'insister sur l'importance du but et des résultats de pareils travaux et sur le côté économique

du reboisement des montagnes. Actuellement l'importation annuelle de la France pour les bois de construction dépasse la valeur de 200 millions de francs. La régénération des forêts produirait une source presque inépuisable de richesses pour le pays; mais le travail du reboisement exigera beaucoup de temps et beaucoup d'argent. D'après les résultats obtenus, on est assuré du succès matériel, si toutefois on ne se heurte pas à des difficultés d'une autre nature dont M. Bouquet a touché quelques points en terminant sa Conférence.

» La mise en œuvre des moyens indiqués pour consolider les terrains ravinés, puis pour pratiquer le gazonnement et le reboisement, exige un travail rapide qui doit être exécuté chaque année dans les quelques mois qui séparent les saisons extrêmes. L'hiver, les montagnes sont couvertes de neige, et les très chaudes journées d'été ne permettent pas un travail régulier. Ces conditions rendent le travail pénible et dispendieux. Un personnel temporaire est difficile à réunir. Il faut recourir à des équipes piémontaises, installer des baraquements à proximité des points où le travail doit s'effectuer, parce que la population indigène, dont la principale occupation consiste à laisser courir le bétail à travers les montagnes, refuse de faire aucun travail pour l'administration des forêts et suscite tous les embarras possibles. De là des revendications incessantes qui amènent des lenteurs dans l'exécution des travaux. Ces revendications ont leurs échos dans les conseils municipaux, les députés eux-mêmes prêtent quelquefois l'oreille aux plaintes des populations, et l'on a vu le *reboisement électoral* l'emporter sur le reboisement des montagnes.

» On ne saurait trop faire pour que l'œuvre si bien commencée par l'administration des forêts soit rendue facile. Des lois et des subsides aplaniraient bien des difficultés, et l'argent que le pays dépenserait ainsi se multiplierait dans l'avenir et procurerait des ressources considérables. »

Nouvelles recherches expérimentales sur la rage;

Par M. PASTEUR,

avec la collaboration de MM. CHAMBERLAND et ROUX (1).

L'Académie a accueilli avec bienveillance nos premières Communications sur la rage, tout incomplètes qu'elles aient été. Elle a compris que, dans une telle recherche, chacune des étapes vers la connaissance de cette maladie était digne d'encouragement.

(1) Voir le *Bulletin* n° 147, du 21 janvier 1883.

Les faits nouveaux que je vais avoir l'honneur de communiquer en mon nom et au nom de mes collaborateurs, et je pourrais ajouter le nom de Thuillier qui, avant son départ pour l'Égypte, avait pris part aux expériences, ont tous été obtenus par l'emploi des deux méthodes si précieuses de l'inoculation du virus rabique à la surface du cerveau par la *trépanation*, ou de l'injection de ce virus dans le système sanguin. Le mot de *trépanation* entraîne avec lui l'idée d'une opération longue et d'un succès difficile. Il n'en est rien. Dans des centaines d'opérations pratiquées sur des chiens, des lapins, des cobayes, des poules, des singes, des moutons, etc., les insuccès se comptent par quelques unités seulement. Quant à l'habileté d'exécution que ce traumatisme exige, elle est certainement à la portée du plus grand nombre. Un jeune aide du laboratoire a pu être très rapidement mis à même par M. Roux de pratiquer cette opération, et c'est lui qui présentement fait toutes les trépanations aux divers animaux, sans qu'il arrive jamais d'accident pour ainsi dire. L'opération est si peu longue, que le dernier singe trépané a été chloroformé, opéré et remis de l'étourdissement produit par le chloroforme dans l'intervalle de vingt minutes. Moins d'un quart d'heure plus tard, il mangeait une figue. Afin d'abréger cette lecture, je me bornerai à résumer, sous forme de conclusions, l'ensemble de nos résultats :

1° Dans la Communication que j'ai faite le 11 décembre 1882, j'ai annoncé que l'inoculation du virus rabique dans le système sanguin offrait le plus souvent des rages paralytiques avec absence de fureur et d'aboiement rabique. Il était présumable que dans ces conditions le virus rabique devait se fixer et se multiplier, tout d'abord, dans la moelle. En sacrifiant des chiens au moment des premiers symptômes de paralysie et en étudiant ensuite, comparativement, les virulences de la moelle, principalement au renflement lombaire, et la virulence du bulbe, nous avons reconnu que la moelle pouvait être rabique, alors que le bulbe ne l'était pas encore.

2° Nous avons démontré antérieurement que, dans les cas de rage, le virus rabique avait son siège dans l'encéphale et dans la moelle. Nous l'avons recherché plus récemment dans les nerfs proprement dits et dans les glandes salivaires. Nous avons pu donner la rage par des portions du nerf pneumogastrique, recueillies soit à son origine, à la sortie du crâne, ou en des points plus éloignés. Les nerfs sciatiques nous ont offert également le virus ainsi que les glandes maxillaires, parotides et sublinguales. Tout le système nerveux du centre à la périphérie est donc susceptible de cultiver le virus rabique. On se rend compte de la surexcitation nerveuse qui se manifeste dans une foule de cas de rage, et qu'on voit se

traduire si souvent chez l'homme par l'étrange symptôme de l'aérophobie.

La virulence de la salive et des glandes salivaires a été constatée sur des chiens rendus rabiques par inoculations intracrâniennes ou intraveineuses ou sur des chiens de rage dite *spontanée*.

3° Nous avions constaté antérieurement que le virus rabique pouvait se conserver, avec toute sa virulence, dans l'encéphale et dans la moelle pendant plusieurs semaines, lorsque la putréfaction des cadavres était empêchée, par une température comprise entre 0° et 12° au-dessus de zéro.

Nous avons reconnu que le virus enfermé pur dans des tubes scellés à la lampe d'émailleur se conservait également pendant trois semaines et un mois, même aux températures de l'été.

4° Nous avons vérifié de nouveau que le virus rabique pouvait exister dans le liquide céphalorachidien, mais que sa présence n'y était pas constante et même que ce liquide pouvait donner la rage, lorsqu'il avait une apparence limpide, tandis qu'il pouvait ne pas la communiquer lorsqu'il était sensiblement opalescent.

5° Nous avons fait beaucoup de tentatives de cultures du virus rabique, soit dans ce liquide céphalorachidien, soit dans d'autres substances, et même dans la moelle extraite, à l'état de pureté, d'animaux sacrifiés en pleine santé. Jusqu'à présent, nous n'avons pas réussi. « N'y aurait-il donc pas de microbe rabique, me disait, à ce propos, au mois de mai dernier, notre confrère M. Bouley ? — Tout ce que je puis vous assurer, lui répondis-je, c'est que si vous me présentiez un cerveau rabique et un cerveau sain, je saurais dire, à l'examen microscopique des matières des deux bulbes : Celui-ci est rabique, celui-là ne l'est pas. Tous deux offrent en nombre immense des granulations moléculaires, mais le bulbe rabique en montre de plus fines, de plus nombreuses, et l'on est tenté de croire à un microbe d'une petitesse infinie, n'ayant ni la forme de bacille ni celle d'un micrococque étranglé : ce sont comme de simples points. »

Une seule méthode nous a permis, quant à présent, d'isoler ces granulations de tous les autres éléments de la matière nerveuse. Cette méthode consiste à injecter dans les veines d'un animal rabique, au moment où l'asphyxie commence, du virus pur emprunté au bulbe d'un animal mort de rage. En très peu d'heures, soit que les éléments normaux de la matière nerveuse se fixent dans les capillaires, ou que plutôt le sang les digère, il ne reste dans ce dernier fluide que les granulations infiniment petites dont nous venons de parler. En outre, dans ces conditions toutes particulières, on peut les rendre

colorables aisément par les couleurs dérivées de l'aniline (1).

Au sujet du sang des rabiques, dans une circonstance, nous avons pu communiquer la rage à un chien à l'aide du sang d'un lapin mort de rage. Nous reviendrons sur ce fait d'une grande importance.

Une question nous a beaucoup occupés.

On sait que, le plus souvent, le chien mordu, s'il devient enragé, manifeste de la fureur avec propension à mordre et avec cet aboiement spécial qu'on désigne sous le nom d'*aboiement rabique*. Dans les conditions habituelles de nos expériences, lorsque nous inoculons le virus rabique dans une veine ou dans le tissu cellulaire, sous la peau, c'est la rage paralytique, sans aboiement ni fureur, qui se manifeste ordinairement. La trépanation, au contraire, donne le plus souvent la rage furieuse. Nous avons reconnu qu'il était possible d'obtenir la rage furieuse par l'inoculation intraveineuse ou hypodermique, à la seule condition de se servir de très petites quantités de virus. Moins on emploie de virus pour les inoculations hypodermiques ou intraveineuses, plus facilement on obtient la rage furieuse.

Nous avons reconnu, d'autre part, que l'emploi de petites quantités inoculées peut prolonger beaucoup la durée des incubations et qu'en poussant la dilution au delà d'une certaine limite, qui n'est pas très élevée, l'inoculation du virus est sans effet. L'intérêt de ces conclusions m'engage à donner ici les détails de deux expériences.

Le 6 mai 1883, on inocule, par injection dans la veine du jarret droit de trois chiens, un bulbe rabique délayé dans du bouillon stérilisé : au premier chien, $\frac{1}{2}$ centimètre cube de liquide trouble ; au second, $\frac{1}{100}$ de cette quantité ; au troisième $\frac{1}{200}$.

Dès le dixième jour, le premier chien n'a plus son appétit ordinaire ; le dix-huitième jour, il est complètement paralysé et meurt deux jours après, sans avoir eu d'aboiement ni d'envie de mordre. Le second chien mange encore le trente-septième jour après l'inoculation ; le trente-huitième, il a des allures suspectes ; le trente-neuvième, il a la voix rabique ; le lendemain on le trouve mort. Le troisième chien n'a pas pris la rage.

Dans une autre expérience, on a inoculé dans une veine du jarret, à un premier chien, un centimètre cube de matière rabique délayée dans du bouillon stérilisé ; à un deuxième chien, $\frac{1}{20}$ de cette quantité ; à un troisième chien, $\frac{1}{50}$

(1) Nous n'avons pas encore les preuves définitives que ces granulations soient bien le microbe rabique. Nous sommes occupés à les réunir.

Les durées d'incubation ont été de sept jours, de vingt jours, de vingt-cinq jours. En outre, les deux premiers chiens ont eu une rage paralytique, et le troisième une rage furieuse, aboyeuse et mordeuse.

Nous avons vérifié que, lorsque les petites quantités n'ont pas donné la rage, l'animal a été susceptible de la prendre par de nouvelles inoculations ultérieures de virus rabique.

En d'autres termes, les inoculations de petites quantités n'ont pas créé d'immunité.

6° Dans ma précédente lecture sur la rage, j'ai fait savoir que nous avions rencontré chez le chien des cas de disparition des premiers symptômes rabiques avec reprise du mal assez longtemps après. Nous avons depuis reconnu l'existence de ce fait chez les lapins. En voici un exemple : un lapin est pris de paralysie rabique treize jours après la trépanation. Les jours suivants, il se guérit complètement; la paralysie reprend quarante-trois jours après et il meurt rabique le quarante-sixième jour.

7° Ces faits sont cependant fort rares chez le lapin comme chez le chien, mais nous les avons vus se produire un grand nombre de fois chez les poules, et dans cette espèce la mort peut suivre la reprise du mal ou ne pas avoir lieu, comme nous en avons signalé un exemple sur le chien dans notre précédente Communication.

Je ferai observer, en passant, que la poule qui est prise de rage ne nous a jamais offert des symptômes violents. Ces symptômes se manifestent seulement par de la somnolence, de l'inappétence, de la paralysie des membres et souvent une grande anémie, qui se traduit par la décoloration de la crête.

8° Nous avons apporté beaucoup de soin à contrôler certaines assertions récentes concernant une atténuation présumée du virus rabique par l'action du froid et également le passage prétendu de la rage de la mère au fœtus.

Quoique nos expériences sur ces deux points aient été bien plus nombreuses que celles qui ont été invoquées pour les mettre en avant, nous n'avons obtenu que des résultats entièrement négatifs.

9° La sûreté d'inoculation de la rage par l'injection intraveineuse du virus dit assez que l'hypothèse du passage de ce virus de la périphérie aux centres nerveux par les nerfs ne peut être considérée comme la seule voie de propagation du virus et que, dans la plupart des cas, tout au moins, l'absorption du virus se fait par le système sanguin.

A tout prendre cependant, on peut contester cette manière de voir. Pour inoculer le virus rabique dans une veine, il faut un traumatisme, couper la peau et dénuder la veine. Ne pour-

rait-on pas admettre que le virus introduit dans le système sanguin circulatoire revient aussitôt à la blessure et trouve là, béants, des nerfs ou des vaisseaux lymphatiques. L'expérience suivante supprime absolument cette objection : nous avons, à diverses reprises, inoculé le virus rabique dans une veine de l'oreille, puis aussitôt après on a coupé l'oreille, à l'aide du thermocautère, au-dessous de la piqûre. Dans tous les cas, la rage s'est déclarée. Or le thermocautère ne donne pas de plaie proprement dite. Toute la surface de la partie coupée est brûlée.

J'ai hâte d'arriver à la partie de cette lecture qui mérite le plus d'attirer l'attention.

L'Académie n'a pas oublié que la découverte de l'atténuation des virus, jointe aux applications qui en ont été faites à la prophylaxie de plusieurs maladies, a mis en pleine lumière ce fait capital de la production expérimentale possible de divers états de virulence pour un même virus.

La rage est, par excellence, une maladie virulente. Les effets et la nature de son virus sont entourés de tels mystères, qu'il est naturel de rechercher si le virus rabique serait lui-même susceptible de manifester des virulences variées. L'expérience nous a montré que la réponse à cette question doit être affirmative. A défaut d'autres méthodes qui sont encore à l'étude, nous avons reconnu que le passage d'un virus rabique par les diverses espèces animales permet de modifier, plus ou moins profondément, la virulence de ce virus. Lapins, cobayes, poules, singes prennent la rage. Lorsque, par des passages successifs, le virus a atteint une sorte de fixité propre à chaque race, la virulence de ces virus est loin d'être la même, et elle diffère sensiblement de la virulence de la rage canine, virulence fixée elle-même par les nombreux passages de chien à chien par morsures depuis un temps immémorial. Dans ma pensée, il n'y a pas de rage spontanée.

Nous possédons présentement un virus qui donne la rage au lapin, en sept et huit jours, avec une constance si grande qu'on peut assigner, à quelques heures près, pour ainsi dire, la durée de l'incubation, mesurée par un changement dans la température ou par l'apparition des premiers symptômes rabiques extérieurs. Nous possédons également un virus rabique qui donne la rage aux cobayes en cinq et six jours avec non moins de certitude dans la durée de l'incubation.

Avant d'arriver à la fixité dont je parle pour les diverses espèces animales, la virulence varie sans cesse. Nous jugeons que, pour une même espèce, la virulence est en raison inverse du nombre des jours d'incubation, lorsque toutes choses sont égales d'ailleurs et que, notamment, la proportion du virus inoculé est aussi égale que possible pour un même

mode d'inoculation. En général, chez les jeunes animaux, la durée de l'incubation est un peu plus courte que chez les adultes.

Comme on ignore absolument l'état que prendrait le virus rabique du chien communiqué à l'homme après des passages successifs d'homme à homme, nous avons été conduits à essayer la rage de singe à singe.

Je communiquerai plus tard les résultats de cette étude, fort digne d'intérêt, mais encore inachevée.

J'ai déjà annoncé qu'il existait dans mon laboratoire quelques chiens réfractaires à la rage pour tous les modes d'inoculation. Je puis ajouter aujourd'hui qu'ils sont réfractaires également pour toutes les natures de virus rabique. Toutefois, à l'époque de ma dernière lecture à l'Académie concernant la rage, nous avions dû, par l'insuffisance de nos observations à ce moment, nous poser la question de savoir si ces chiens étaient naturellement réfractaires à la rage ou réfractaires par quelque circonstance des opérations qu'ils avaient subies antérieurement.

Nous pouvons aujourd'hui faire à ces questions des réponses plus précises, quoique entourées encore de certaines réserves.

Je me crois autorisé à affirmer que nos chiens n'étaient pas réfractaires à la rage par leur constitution naturelle. Nous avons, en effet, trouvé le moyen, assez pratique, d'obtenir des chiens réfractaires à la rage, en nombre aussi grand qu'on peut le désirer. Cependant, en considération de la grande durée possible des incubations de la rage, qui jette toujours quelque doute sur les épreuves de contrôle, je prie l'Académie de vouloir bien pour un temps faire crédit à cette assertion et permettre, en outre, que je me borne à lui dire actuellement que l'état réfractaire est obtenu par un système d'inoculations de virus de divers ordres. Nous possédons en ce moment vingt-trois chiens qui subissent sans danger des inoculations virulentes.

Pouvoir rendre des chiens réfractaires à la rage, ce serait non seulement une solution de la question de la prophylaxie de cette affection chez le chien, mais encore chez l'homme, puisque l'homme ne contracte jamais la rage qu'à la suite d'une morsure dont le virus provient directement ou indirectement du chien.

La Médecine humaine ne pourra-t-elle pas profiter de la longue durée d'incubation de la rage pour tenter d'établir dans cet intervalle de temps, avant l'éclosion des premiers symptômes rabiques, l'état réfractaire des sujets mordus? Mais, avant la réalisation de cette espérance, un long chemin reste encore à parcourir.

La comète Pons-Brooks.

OBSERVATIONS FAITES A NICE LE 13 ET LE 19 JANVIER 1884,

Par M. THOLLON.

La comète Pons-Brooks, qui vient de disparaître et a passé presque inaperçue du public, a présenté, dès les premiers jours de son apparition, un caractère tout à fait exceptionnel et d'un grand intérêt scientifique. Elle a été, depuis le commencement de novembre, l'objet d'une étude attentive et suivie à l'Observatoire de Nice. M. Perrotin et moi n'avons laissé échapper aucune occasion de l'examiner directement, d'abord à l'équatorial de 14 pouces, puis au spectroscope qui s'adaptait à cet instrument.

Nous avons vu ainsi la comète augmenter progressivement d'éclat en conservant toujours à peu près le même aspect. Au centre un point brillant, sans dimensions appréciables, comme une étoile de 5e, puis de 4e grandeur. A partir de ce point, la lumière s'affaiblissait par gradation insensible jusqu'aux extrémités de la chevelure. Une région relativement sombre, qui se trouve immédiatement au-dessous du noyau du côté de la queue, donnait à la partie supérieure plus brillante l'aspect d'une aigrette. La queue, longtemps invisible, a toujours été d'un faible éclat. Elle nous a paru présenter un maximum de lumière suivant l'axe à partir duquel cette lumière se dégradait d'une manière insensible du côté nord, tandis qu'elle se terminait brusquement du côté sud par une ligne à peu près droite.

Au spectroscope la comète donnait, avec un éclat tout à fait remarquable, les trois bandes ordinaires des composés du carbone (α, β, γ d'Angström). Dès le premier jour, M. Perrotin vit assez bien la quatrième bande δ, dans le violet, pour en déterminer exactement la position, sans connaître au préalable l'orientation du spectroscope. A mesure que l'éclat de la comète augmentait, cette bande devenait pour lui de plus en plus visible, tandis que je n'ai jamais réussi à la voir d'une manière bien certaine. Ma vue n'est pourtant nullement affectée de daltonisme. Ce fait me semble très instructif et rend très bien compte des divergences qui se produisent souvent dans l'observation des phénomènes difficilement perceptibles. Les bandes α, β, γ étaient si brillantes au mois de janvier que le voisinage d'une grosse lampe à pétrole n'empêchait nullement l'observateur de les voir. Le spectre continu du noyau était au contraire si faible que jusqu'aux premiers jours de janvier, il était impossible d'y reconnaître aucune des couleurs spectrales.

On avait parlé à diverses reprises des brusques et singulières transformations qu'éprouvait la comète. Or, depuis deux mois et demi, nous la suivions ici sans interruption et nous n'avions rien vu de particulier. A quelques variations d'intensité près, elle nous offrait toujours, à peu près, le même aspect et nous donnait toujours le même spectre. Mais la patience et l'assiduité de l'observateur ne doivent jamais se déconcerter, c'est la condition du succès. Le 13 janvier, à la tombée de la nuit, M. Perrotin alla, comme d'habitude, faire des mesures de position sur la comète; je devais le rejoindre un peu plus tard pour les observations spectroscopiques. Il me fit appeler presque immédiatement, en toute hâte, et me montra un phénomène vraiment singulier. Toute la lumière de la tête et de la chevelure de la comète semblait s'être concentrée dans un disque parfaitement circulaire, ayant un diamètre de 84″ environ, et dans une sorte d'auréole qui lui était concentrique, d'un diamètre de près de 2′. Le disque était très brillant; il avait des bords si nets qu'on aurait cru voir une planète. Au centre se montrait un noyau semblable à une petite étoile. La lumière allait en se dégradant à partir du noyau et reprenait une certaine intensité vers les bords. Deux diamètres un peu plus lumineux se croisaient sous un angle de 30° à 40°; l'un d'eux était à peu près dans la direction de la queue.

Le disque donnait un magnifique spectre continu, où l'on distinguait sans peine toutes les couleurs depuis le rouge extrême jusqu'au violet et sur lequel se détachaient nettement les trois bandes du carbone, plus brillantes que d'habitude. Nous vîmes, dans le jaune et dans l'extrême rouge, des parties d'un éclat plus vif, qui nous firent soupçonner la présence, parmi les éléments de la comète, de quelques métaux et en particulier du sodium. Mais ces phénomènes étaient si faiblement accusés qu'il était impossible de rien conclure; nous gardâmes seulement l'espoir qu'au moment du périhélie ils s'accuseraient davantage, espoir qui ne s'est pas réalisé.

Le lendemain 14 et les jours suivants, la comète reprit son aspect habituel; mais, le 19 janvier, nous la vîmes, comme le 13, sous la forme d'un disque brillant entouré d'une auréole. Seulement le disque était elliptique et non circulaire, ses bords étaient moins nets et moins lumineux, l'auréole était à peine visible. Présumant qu'il pourrait y avoir quelque chose de périodique dans ces transformations, nous attendîmes avec impatience le 25 janvier; mais ce jour-là nous ne vîmes rien de semblable. Toutefois il importe de dire qu'à Potsdam, M. Vogel a fait des observations analogues aux nôtres, le 1er janvier, date qui rentrerait bien dans la période de six jours que nous avions admise.

De quelque manière qu'on l'envisage, cet étrange phéno-

mène dénote dans la matière cométaire des mouvements qu'il semble bien difficile d'expliquer et d'analyser. Comment concevoir en effet que cette matière disséminée, la veille, dans un espace immense, sans limites précises, se trouve tout à coup, le jour du 13, emprisonnée pour ainsi dire dans deux enveloppes sphériques parfaitement définies, parfaitement distinctes, ayant toutes deux le noyau pour centre? Le fait parut si extraordinaire aux membres du Bureau des Longitudes, qu'ils crurent d'abord à une illusion de notre part; quelques-uns même attribuèrent ces apparences bizarres à l'effet d'une buée qui, au moment des observations, se serait déposée sur l'objectif de la lunette. Mais, à mon avis, il ne serait pas plus difficile d'expliquer le phénomène lui-même que d'expliquer par un effet de buée la production dans le champ de la lunette d'un disque à bords parfaitement définis, circulaire le 13, elliptique le 19, que d'expliquer surtout l'énorme accroissement d'intensité du spectre continu donné par la comète. Ce qu'il y a de sûr aujourd'hui, c'est que la buée n'était pour rien là dedans, puisque nos observations du 13 ont été confirmées par M. Rayet à Bordeaux et par M. W.-T. Simpson à Washington.

(*La Nature.*)

L'Association a reçu de M. Rothschild, éditeur, 13, rue des Saints-Pères, les ouvrages suivants : les quatre années 1879 à 1882 des *Causeries scientifiques* de M. Henri de Parville, dont nous avons souvent donné des extraits dans le *Bulletin hebdomadaire* (19e, 20e, 21e et 22e années). — *Les Phénomènes de l'atmosphère*, traité illustré de Météorologie pratique par M. H. Mohn, directeur de l'Institut météorologique de Christiania, traduit par M. Decaudin-Labelle et précédé d'une introduction par M. H. de Parville; cet ouvrage est accompagné de 24 cartes et illustré de 220 figures. — *Les animaux utiles au point de vue de l'Industrie, des Arts et de la Médecine*, par M. Boulard, un vol. in-8° orné de 186 gravures. — *Le Microscope*, théorie, application, par M. Planchon et le Dr Hugounenq, de la Faculté de Médecine de Montpellier; in-8° orné de 350 vignettes. — *Histoire de la Terre*, étude de ses transformations successives, par M. H. de Lagrené. — Deux Traités d'Analyse chimique : 1° *Traité pratique d'Analyse chimique à l'aide des méthodes volumétriques*, par MM. E. Finet et A. Bertrand, 95 vignettes dans le texte; 2° *Traité pratique d'Analyse chimique à l'aide des méthodes gravimétriques*, par M. Stanislas Meunier, 111 vignettes dans le texte.

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9241 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE DE FRANCE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR LE DÉCRET DU 13 JUILLET 1870.

Société pour l'avancement des Sciences, fondée en 1864.

L'Association scientifique de France a pour but d'encourager les travaux relatifs au perfectionnement des Sciences et de propager les connaissances scientifiques.

BULLETINS HEBDOMADAIRES Nos 208 ET 209.

23 et 30 mars 1884.

CONFÉRENCE DU 29 MARS,

à 8h 30m du soir, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

PRÉSIDENT : M. **Van Blarenberghe**, membre du Conseil de l'Association, administrateur du chemin de fer de l'Est.

M. A. **Bertrand**, membre de l'Institut, conservateur du Musée de Saint-Germain, traitera le sujet suivant : *Tableau de la civilisation des tribus aryennes dans la vallée du Danube et dans la vallée du Pô, antérieurement à l'époque de la fondation de Rome.*

CONFÉRENCE DU 5 AVRIL,

SÉANCE GÉNÉRALE ANNUELLE.

PRÉSIDENT : M. **Peligot**, membre de l'Institut.

M. **Dieulafait**, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, traitera le sujet suivant : *Origine et mode de formation des phosphates de chaux en amas dans les terrains secondaires employés en agriculture.*

Sur la formation de l'Univers et du système solaire.

CONFÉRENCE FAITE A L'ASSOCIATION SCIENTIFIQUE LE 15 MARS,

Par M. FAYE.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT, MESDAMES ET MESSIEURS,

Aux plus beaux temps de la Science grecque, l'Univers était tout entier contenu dans une sphère solide portant les étoiles, peu près comme les bois d'un fauteuil portent les clous dorés qui lui servent d'ornement. A l'intérieur, la Terre immobile occupait le centre. Sept sphères cristallines et transparentes, emboîtées dans la première et centrées sur la Terre, conduisaient les planètes, parmi lesquelles on comptait la

Lune et le Soleil. La première sphère, celle des étoiles, le ciel de l'empyrée, faisait en un jour un tour sur elle-même, de gauche à droite pour un observateur placé du côté nord. Elle avait même pour cela des gonds appelés *pôles* du monde. Elle communiquait son mouvement journalier à toutes les sphères ou cieux intérieurs; de là le mouvement diurne des étoiles, des planètes et du Soleil qui se lèvent et se couchent chaque jour. D'autre part, les planètes rampaient lentement en sens opposé sur leurs sphères, de manière à en faire le tour, le Soleil en un an, la Lune en un mois. L'Univers se trouvait ainsi ramené à un mécanisme assez semblable à celui d'un tournebroche ou d'une horloge; le premier rouage, le premier mobile, comme disent les horlogers, c'était la sphère ou le ciel des étoiles fixes, c'est-à-dire des étoiles fichées comme des clous dans ce dernier ciel.

Archimède, le plus grand géomètre de l'antiquité, à qui les Grecs ont prêté ce mot : « Qu'on me donne un point d'appui et avec un levier je soulèverai le monde », eut l'idée de construire de toutes pièces, sur le plan que nous venons d'esquisser, une véritable machine céleste. Comme toutes ces planètes étaient des divinités et que la Terre elle-même s'identifiait avec Cybèle, mère des Dieux, il risquait fort d'être taxé d'impiété. Heureusement un poète latin, Claudien, nous apprend que les Dieux prirent la chose en plaisantant :

» Jupiter aperçut cette machine du haut de l'empyrée;
» Il sourit et dit aux autres Dieux :
« Jusqu'où ne va pas l'audace de ces mortels?
» Voici qu'un bonhomme de Syracuse
» Prétend imiter mon ouvrage!
» Voyez, sous ce globe de verre qui porte les étoiles,
» Cette image du Soleil exécuter son tour en une année,
» Et, plus près de la Terre, la Lune faire le sien en un mois.
» En vérité, ces mortels se mettront à la place des dieux,
» Et bientôt l'humaine pensée prétendra gouverner les
» astres! »

Bien des siècles après, la conception de Copernic révolutionna l'Astronomie et élargit singulièrement l'idée de l'Univers. Mais comme il ne s'agissait alors que de mettre le Soleil au centre, à la place de la Terre, et de mettre la Terre à la place du Soleil, au milieu des planètes, le système du monde pouvait être encore considéré comme un mécanisme susceptible d'être reproduit par une combinaison de globes, de pignons et de roues.

FORMATION DE L'UNIVERS.

C'est Descartes qui a fait comprendre que l'Univers n'est pas une machine, mais un ensemble matériel régi par les lois or-

dinaires de la nature, absolument comme les corps qui nous entourent. Bien plus, il osa penser que même la formation de cet Univers avait dû s'opérer conformément à ces lois. On lui a fait dire : « Donnez-moi de la matière et du mouvement, et je vous ferai un monde ». En réalité, Descartes avait moins d'aplomb et plus de réserve. Vous écouterez, je crois, avec plaisir les propres paroles de notre grand philosophe.

« Permettez pour un peu de temps à votre pensée de sortir hors de ce monde pour en venir voir un autre tout nouveau que je ferai naître devant vous dans les espaces imaginaires....

» Entrons si avant dans ces espaces que nous puissions perdre de vue toutes les créatures que Dieu fit il y a cinq ou six mille ans, et, après nous être arrêtés là en quelque lieu déterminé, supposons que Dieu crée autour de nous tant de matière que, de quelque côté que notre imagination se puisse étendre, elle n'y aperçoive plus aucun lieu qui soit vide. Supposons que, de ces matériaux, les uns commencent à se mouvoir d'un côté, les autres d'un autre; les uns plus vite, les autres plus lentement ... et qu'ils continuent par après leur mouvement suivant les lois ordinaires de la nature : car Dieu a si merveilleusement établi ces lois, qu'encore que nous supposions qu'il ne crée rien de plus que ce j'ai dit, et même qu'il ne mette en ceci aucun ordre ni proportion, mais qu'il en compose un chaos le plus confus et le plus embrouillé que les poètes puissent décrire, elles sont suffisantes pour faire que les parties de ce chaos se démêlent d'elles-mêmes, et se disposent en si bon ordre, qu'elles auront la forme d'un monde très parfait, et dans lequel on pourra voir non seulement de la lumière, mais aussi toutes les autres choses, tant générales que particulières, qui paraissent dans ce vrai monde. »

Avant de suivre Descartes dans les espaces indéfinis, considérons un instant le ciel lui-même, d'abord à la vue simple, puis avec des télescopes de force croissante. Tenez, voici sur le tableau la projection du ciel étoilé, en deux hémisphères, tel que nous le voyons sans lunette ([1]). Ce sont des étoiles, et toujours des étoiles. En apparence, elles sont innombrables, et pourtant on n'en compte pas plus de 6000, visibles à l'œil nu. Mais vous notez en même temps, en certaines régions, une lueur vague, la *voie lactée*, qui forme une ceinture étroite autour du ciel. Ces enchanteurs de Grecs racontaient que Hercule, gros et fort nourrisson de la déesse Junon, avait laissé tomber de sa bouche gloutonne quelques gouttes de ce lait divin sur la voûte céleste. Un peu d'attention suffit pour vous faire pressentir que cette lueur, avec ses faibles étincelle-

([1]) Ces projections ont été exécutées par M. Molteni, dont l'habileté bien connue est au-dessus de tout éloge.

ments, tient à l'accumulation d'un grand nombre d'étoiles trop petites ou trop éloignées pour être distinguées une à une à l'œil nu.

Effectivement, à l'aide d'une lunette, même médiocre, des myriades d'étoiles deviennent perceptibles. Ce n'est plus par milliers, mais par millions que vous les comptez. Cependant elles ne se projettent pas partout sur un ciel complètement noir. Vous apercevez encore derrière elles un fond très faiblement lumineux : il y a donc là aussi des étoiles trop éloignées pour votre lunette.

Quand on tournera vers le ciel la lunette colossale que M. Bischoffsheim fait construire pour son observatoire de Nice, on décomposera cette dernière lueur, on y distinguera de nouvelles étoiles, mais soyez sûrs qu'au delà on notera encore quelque indice que le pouvoir de pénétration de cet instrument n'aura pas été jusqu'au bout de l'Univers.

Toutes ces étoiles, Messieurs, sont des soleils, et notre Soleil n'est qu'une étoile comme les autres, formée de matériaux qui ne diffèrent des nôtres que par leur état de vive incandescence. Descartes l'affirmait, il y a deux siècles : dans ces dernières années, l'analyse spectrale a montré qu'il avait raison.

Ce n'est pas tout. Ces étoiles sont disséminées dans l'espace à des distances énormes les unes des autres. On est fort embarrassé de donner une idée de ces distances. La lumière se propage avec une vitesse de 76000 lieues par seconde : eh bien, il faut compter par années le temps qu'elle emploie à nous venir des étoiles les plus voisines, et par siècles, peut-être par milliers d'années s'il s'agit des dernières étoiles visibles dans la voie lactée ! Telle est l'immensité de cet Univers, insondable à la fois pour les yeux et pour l'intelligence. Jupiter, s'il en avait été le créateur, aurait eu beau jeu de se moquer d'Archimède qui enchâssait les étoiles dans un globe de verre et les faisait tourner en un jour autour de la Terre placée au centre. Aujourd'hui l'astronome, effrayé de cette immensité vis-à-vis de laquelle notre système solaire ne lui apparaîtrait plus que comme un point, se réfugie dans ce petit système qui du moins est accessible à l'observation, au calcul, et où il retrouve toutes les lois de la Géométrie et de la Mécanique.

Il faut en effet introduire ici une distinction inconnue des Anciens entre notre petit monde, ou système solaire, et l'Univers. Le système solaire doit être étudié à part, pour lui-même, comme si le reste de l'Univers n'existait pas, car ces millions d'étoiles sont trop éloignées de nous pour modifier les mouvements intérieurs de notre petit monde. Leur lumière ne saurait dissiper nos nuits; leur chaleur nous parvient sans que nous la sentions. De ces millions d'étoiles une seule agit puissamment sur nous : c'est celle à laquelle nous apparte-

nons, celle qui forme le centre et le régulateur de notre petit monde et qui nous fait vivre, le Soleil.

Cependant un attrait puissant nous ramène parfois à cette énigme de l'Univers, et justement nous allons tirer quelque chose de notre coup d'œil rapide sur le ciel étoilé.

Puisqu'il y a tant d'étoiles, ou, si vous voulez, tant de soleils, c'est tout un, il faut croire que la formation d'un soleil est une des opérations les plus simples et pour ainsi dire les plus aisées de la nature. Mais comment ont-ils pu se former au sein et aux dépens du chaos de Descartes?

Assurément pas tout à fait comme Descartes l'imaginait. On ignorait de son temps la grande et mystérieuse loi de la gravitation universelle, en vertu de laquelle les moindres molécules de matière tendent les unes vers les autres, en proportion de leur masse et en raison inverse du carré de leurs distances. Si donc, malgré cette loi de la nature qui tend à tout réunir, la matière disséminée du chaos a pu exister à un instant donné, la seule gravitation mutuelle de ses diverses parties la concentrera vers un ou plusieurs centres, de manière à donner naissance à des corps plus ou moins gros. Toutefois ce ne serait là qu'une conception boiteuse. Nous aurions bien ainsi des amas sphériques de matériaux; mais nous serions loin d'avoir des soleils. D'où viendrait leur lumière? d'où viendrait la chaleur qu'ils répandent à flots autour d'eux depuis des millions d'années, comme autant de sources inépuisables? Les Anciens n'ont pu y répondre qu'en dotant les astres d'une incorruptible divinité; quant à nous, c'est à Descartes que nous demanderons la solution de ce grand problème. Bien que le système des tourbillons ait été ruiné de fond en comble par Newton, il y a, dans les débris de la théorie cartésienne, d'admirables matériaux dont la Science moderne ne saurait se passer.

Newton n'a jamais abordé cette question : pourquoi le Soleil et les étoiles brillent-ils de leur propre lumière? d'où provient leur incandescence? qu'est-ce qui entretient leur prodigieuse radiation? Il soupçonne seulement que ce sont des feux qui brûlent et qui sont alimentés par les comètes venant à tomber accidentellement dans ces fournaises. Ce génie, plus profond en un certain sens que Descartes, mais bien moins vaste, disait un jour à ses amis qui lui vantaient ses travaux et ses glorieuses découvertes : « Je ne sais ce que le monde pensera de tout cela. Pour moi, il me semble que je n'ai été qu'un enfant jouant sur le rivage de la mer, heureux de trouver tantôt des cailloux mieux polis que les autres, tantôt des coquilles plus agréablement coloriées, tandis que l'océan des vérités s'étendait inexploré sous mes yeux. »

Ce que ce grand homme appelait ainsi, avec une modestie

admirable, c'était la loi de la gravitation universelle, le Calcul des fluxions, c'est-à-dire le Calcul différentiel et intégral, et les bases de la Mécanique céleste. Mais depuis Newton on a ramassé, sur les mêmes bords, d'autres cailloux, d'autres coquilles non moins intéressantes, et je prétends, de celles-là, faire un petit monument en l'honneur du philosophe français.

La plus remarquable, c'est le fait que la force vive dont un mobile est animé, quand elle semble s'absorber et disparaître dans le travail d'un frottement, d'un choc ou d'une compression, n'est nullement anéantie, mais se retrouve intégralement sous une autre forme, celle des vibrations moléculaires qui constituent la chaleur. On peut en citer mille preuves frappantes. Parmi celles-là, je choisis les plus simples, les plus familières.

Le frottement. — Si vous touchez avec une allumette chimique la face de la boîte où elle doit prendre feu, rien ne se produira. Par un frottement vif, l'allumette s'enflammera, parce que le travail mécanique que vous avez exécuté aura fait naître la quantité de chaleur nécessaire pour déterminer la combinaison chimique. Le feu n'a pas été dérobé au ciel par Prométhée : c'est par le frottement prolongé d'un bois dur sur un bois tendre et sec que les hommes préhistoriques ont appris à le produire.

Le choc. — Je touche avec cette tige de fer froide ce petit morceau de phosphore : aucun effet ne se produit. Mais d'un coup de marteau j'élève la température de cette tige, et, vous le voyez, le phosphore s'allume aussitôt.

La compression. — Voici un briquet à air, c'est-à-dire un corps de pompe fermé par en bas dont le piston porte un petit morceau d'amadou. Ce corps de pompe ne renferme que de l'air. En enfonçant brusquement le piston, l'air comprimé s'échauffe assez pour mettre le feu à l'amadou.

Voilà, direz-vous, des expériences tout à fait en petit. Qu'importe? la théorie mécanique de la chaleur nous apprend que les effets produits sont proportionnels à la masse en jeu : nous verrons quelles masses colossales sont en action dans l'Univers ; que ces effets sont en outre proportionnels au carré de la vitesse : eh bien, dans l'univers, les vitesses des mobiles surpassent énormément tout ce que nous pouvons réaliser sur cette Terre. Attendons-nous donc à trouver dans l'Univers des effets prodigieux pour la transformation de l'énergie en chaleur.

Cette notion capitale, totalement méconnue par Newton et ses successeurs, qui considéraient la chaleur comme un fluide impondérable contenu dans les interstices des corps, ainsi que l'eau dans une éponge, se trouve tout au long dans Descartes :

« C'est une telle agitation (vibrations) des petites parties des corps terrestres qu'on nomme en eux la chaleur (soit qu'elle ait été excitée par la lumière du Soleil, soit par quelque autre cause), principalement lorsqu'elle est plus grande que de coutume, et qu'elle peut mouvoir assez fort les nerfs de nos mains pour être sentie; car cette dénomination de chaleur se rapporte au sens de l'attouchement. Et l'on peut ici remarquer la raison pourquoi la chaleur qui a été produite par la lumière demeure par après dans les corps terrestres, encore que cette lumière soit absente, jusqu'à ce que quelque autre corps l'en ôte : car elle ne consiste qu'en mouvement des petites parties de ces corps, et ce mouvement, étant une fois excité en elles, y doit demeurer (suivant les lois de la nature) jusqu'à ce qu'il puisse être transféré à d'autres corps. »

Ce que l'on a ajouté d'essentiel dans ces derniers temps, le voici : on a déterminé expérimentalement combien il faut de travail mécanique pour produire une quantité donnée de chaleur. Il s'est trouvé qu'il fallait 425^{kgm} pour engendrer une calorie. A ce compte, Messieurs, comme un corps soumis à l'attraction de notre Soleil et tombant vers lui d'une distance extrêmement grande, sans vitesse initiale, choquerait sa surface avec une vitesse d'environ 150 lieues par seconde, chaque kilogramme de ce corps posséderait avant le choc une force vive de 18700 millions de kilogrammètres, lesquels, en se convertissant en chaleur, ajouteraient 44 millions de calories à celles que possède déjà le Soleil.

Or le Soleil contient un nombre colossal de ces kilogrammes de matière; si donc il a été formé, sous l'influence de l'attraction, par la réunion progressive de matériaux disséminés primitivement dans un très grand espace sphérique d'un rayon dix fois plus grand, par exemple, que le système solaire, vous concevrez aussitôt que sa formation ait été accompagnée d'une énorme quantité de chaleur, et qu'ainsi l'existence d'une très grande masse, comme celle du Soleil ou des étoiles, est nécessairement liée à une vive incandescence.

Inversement, si vous imaginez que la matière du Soleil et des planètes soit également répandue dans l'espace susdit, vous aurez une image exacte du chaos initial de Descartes.

La première chose à faire, c'est d'obtenir une idée nette de ce chaos. Les astronomes ont déterminé aujourd'hui la masse énorme du Soleil, et les masses bien plus petites de toutes les planètes qui circulent autour de lui. Déduisons de là le poids de la matière qui constitue le système solaire, c'est-à-dire de la matière contenue primitivement dans la portion du chaos d'où ce système est sorti. Si l'on répartit également cette quantité de matière dans une sphère ayant pour rayon 10 fois la distance de la dernière planète, Neptune, on trouve un

résultat qui confond l'imagination. En effet, à ce compte, chaque kilomètre cube de ce chaos ne contiendra pas plus de matière qu'il n'y en a dans une pièce de 20 sous. En d'autres termes, la densité de ce chaos sera 260 millions de fois moindre que celle de l'air, qui reste dans le vide de la machine pneumatique, à $\frac{1}{1000}$ de la pression ordinaire. Ainsi ce chaos est bien moins dense que la brume ou la nébulosité la plus légère, voguant dans l'air par une belle matinée de printemps. Et pourtant on vient de voir que la concentration de la matière qui s'y trouve disséminée à ce degré incroyable a suffi pour produire, en se concentrant, un Soleil répandant autour de lui, depuis des millions d'années, des flots de lumière et de chaleur.

Évidemment ce chaos a dû être, à l'origine, froid et obscur; mais, à mesure qu'il s'est condensé sous l'influence de l'attraction mutuelle de ses moindres particules, sa température a dû s'élever peu à peu, et, puisqu'il a finalement abouti à un soleil, vous admettrez facilement qu'il a dû arriver bien vite un moment où la chaleur engendrée par une foule de condensations partielles a été accompagnée d'une faible lumière. Alors cette brume légère, cette nébulosité impalpable sera devenue visible, en partie du moins.

Est-ce là une pure supposition? Non, Messieurs, le ciel nous montre çà et là, en grand nombre, des amas gigantesques de matériaux extrêmement rares, comme les brumes d'un chaos, sans forme, n'ayant éprouvé que le degré de condensation nécessaire pour y faire naître çà et là une faible lumière. Il faut, en général, d'assez fortes lunettes pour les distinguer; alors on en rencontre par milliers dans le ciel : ce sont les *nébuleuses*.

Si jamais vous allez visiter l'Observatoire sous la conduite d'un astronome de vos amis, dites-lui quelques jours d'avance que vous ne voulez, pour le moment, admirer ni la Lune, ni les planètes et leurs satellites, ni les étoiles simples, doubles ou triples, blanches ou colorées, mais seulement examiner des nébuleuses à divers degrés de condensation. L'astronome, ainsi prévenu, fera d'avance un choix des objets les plus caractérisés, il en calculera les positions actuelles, préparera sa plus puissante lunette, puis vous fera faire dans le ciel un voyage bien intéressant dont je vais marquer quelques étapes.

Voici la nébuleuse d'Orion. Elle n'a pas de forme nettement définie. Vous y distinguez une région plus brillante que les autres, où la condensation de la matière chaotique est assez avancée. Partout ailleurs, sa lumière est faible; vous y voyez de longs courants de matière dont il est impossible de pressentir le résultat.

La nébuleuse trifide semble s'être décomposée en trois ou

quatre amas, désormais indépendants les uns des autres. Le phénomène de la condensation n'y est guère prononcé.

Dans cette nébuleuse du Navire, la forme est déjà plus régulière. On dirait une corne d'abondance.

Dans celle-ci, que les Anglais nomment le *Marteau de cloche,* la condensation est visible; elle aboutira probablement à deux amas séparés et finalement à un système double.

Voici la nébuleuse d'Andromède, un des objets les plus remarquables du ciel. Elle a déjà une figure presque géométrique, et elle offre au centre une condensation des plus marquées.

En voici une tout à fait ronde qui aboutira sans doute à un soleil isolé.

Enfin ces curieuses nébuleuses doubles de la Vierge, du Verseau, etc., sont évidemment très proches de leur transformation finale en étoiles.

Il serait facile de multiplier les intermédiaires et de vous montrer, par exemple, des étoiles nébuleuses présentant l'avant-dernière phase de cette série de transformations qui commence par un brouillard faiblement lumineux et sans forme, pour aboutir finalement à un ou plusieurs soleils diversement accouplés. Vous n'assistez pas sans doute à ces transformations, mais vous faites comme un botaniste qui veut étudier un arbre dans les phases successives de son développement. Cette étude exigerait des années s'il fallait la faire sur un même individu; néanmoins elle peut être faite en quelques jours, en parcourant une forêt où vous voyez à la fois des arbres sortant de terre, d'autres déjà plus grands, avec leurs premières branches, d'autres chargés de fleurs ou de fruits, d'autres enfin parvenus à la décrépitude.

Ainsi la création de l'Univers se poursuit pour ainsi dire sous nos yeux. Au commencement, des nébuleuses séparées d'un chaos général; à la fin, des étoiles incandescentes, ou d'autres globes plus petits que nous ne voyons pas, car leur formation a moins provoqué de chaleur et leur lumière s'est déjà éteinte.

Mais une chose que Descartes ne pouvait prévoir, et que nos télescopes nous révèlent, c'est l'incroyable variété des systèmes auxquels aboutissent ces nébuleuses, suivant les circonstances où elles se sont trouvées en se séparant, en s'isolant du chaos général. Et pourtant ces systèmes si variés ne comprennent en général qu'une seule forme d'individus, des globes incandescents, comme les étoiles, qui finiront par s'éteindre, ou des globes déjà éteints comme nos planètes.

Voici le cas le plus simple, celui où deux soleils se meuvent l'un autour de l'autre. Il est parfaitement accessible à la Science. Vous les voyez circuler autour de leur centre de gra-

vité. Seulement, pour figurer ces mouvements à l'aide d'un mécanisme, M. Molteni a dû se servir de cercles. En réalité, les orbites de ces étoiles doubles sont des ellipses très allongées. Je n'en connais pas qui s'approchent de la forme circulaire.

S'il y a trois étoiles, l'étude de leurs mouvements devient beaucoup plus difficile. S'il y en a plus de trois, elle est inabordable à la Science actuelle.

Que dire dès lors de ces systèmes, où les étoiles se comptent par centaines et par milliers?

En voici d'autres encore plus étonnants, de forme globulaire, dans les constellations d'Hercule, du Toucan et du Centaure. Ils sont composés de petits soleils de même grandeur, distribués avec une régularité frappante.

Sans doute leurs nébuleuses primitives, de forme sphérique, se sont trouvées dans un état de repos intérieur parfait; autrement la condensation n'aurait pu s'opérer si régulièrement autour de cinq à six mille centres à la fois.

Ce n'est pas tout: après ces amas sphériques dont l'incroyable régularité a dû exiger un repos parfait dans leurs nébuleuses primitives, voici des nébuleuses tourbillonnaires que le puissant télescope de lord Rosse nous a fait connaître ([1]). D'où peuvent provenir ces gyrations si bien accusées?

Le chaos général au sein duquel est né l'Univers actuel était, dès l'origine, sillonné de vastes mouvements qui l'ont subdivisé, éparpillé en de nombreuses parties. Nous en avons vu des traces dans la belle et gigantesque nébuleuse d'Orion, dans la nébuleuse trifide, etc.; un coup d'œil sur la voie lactée nous donne une idée encore plus nette de ces grands mouvements. Eh bien, au sein de ces vastes courants, de ces fleuves immenses du chaos, de simples différences de vitesse entre les filets contigus ont dû faire naître çà et là des mouvements tourbillonnaires, tout comme dans les courants de notre atmosphère ou de nos rivières.

Écoutons Descartes quand il tâche d'expliquer ses tourbillons célestes : « Tout de même que dans les détours des rivières où l'eau se replie en elle-même, et, tournoyant ainsi, fait des cercles, si quelques fétus ou autres corps fort légers flottent parmi cette eau, on peut voir qu'elle les emporte et les fait mouvoir en rond avec soi; et même parmi ces fétus on peut remarquer qu'il y en a souvent quelques-uns qui tournent aussi autour de leur propre centre; et que ceux qui sont plus proches du centre du tourbillon qui les contient

([1]) On a projeté celles de la Vierge, des Chiens de chasse, du Lion et de Pégase.

achèvent leur tour plus tôt que ceux qui en sont plus éloignés; et enfin que, bien que ces tourbillons d'eau affectent toujours de tourner en rond, ils ne décrivent presque jamais des cercles entièrement parfaits..... »

Que Descartes se soit trompé en appliquant ses tourbillons aux mouvements intérieurs *actuels* du système solaire, c'est certain; mais, quand un homme de ce génie se trompe, ce n'est pas tout à plat. Les tourbillons dont on a ri, sans les bien comprendre, ont joué un autre rôle; je viens de vous en montrer d'assez beaux spécimens dans le ciel. C'est même de mouvements de ce genre que sont nées les étoiles doubles; seulement n'oublions pas que ces astres ne décrivent pas des cercles parfaits, mais des orbites très allongées, des ellipses à grande excentricité. C'est que le tourbillonnement de leurs nébuleuses n'a jamais pu se régulariser au point d'aboutir aux mouvements presque exactement circulaires que l'on ne peut assez admirer dans notre petit monde solaire.

Il est grand temps d'aborder ce petit monde solaire. Il n'appartient pas, comme les formations précédentes, à un type fréquemment réalisé dans l'Univers : c'est au contraire un cas très particulier. Il réunit quelques-uns de leurs caractères, mais il ne ressemble à aucun de ceux que nous venons de passer en revue.

FORMATION DU SYSTÈME SOLAIRE.

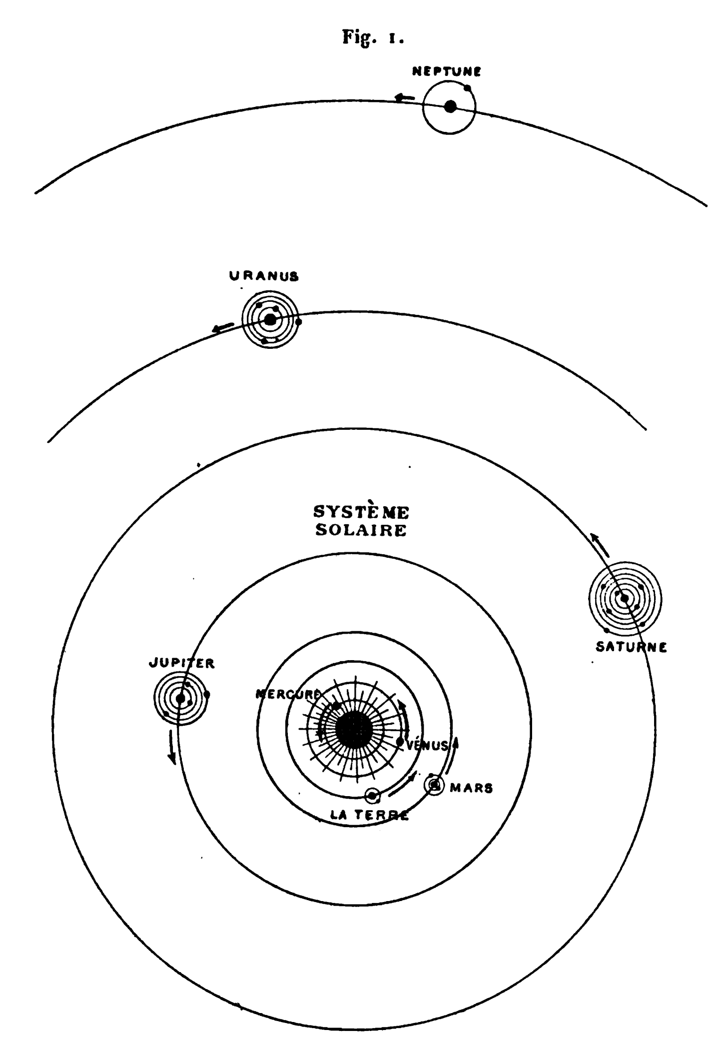
L'aspect du ciel, la vue des planètes ne nous donnent absolument aucune idée du système solaire. Pour le bien comprendre, il faut, par la pensée, se dégager de notre globe et s'éloigner de manière à embrasser d'un coup d'œil tout ce petit monde dont une étoile fort ordinaire, le Soleil, occupe le centre (*fig.* 1).

Autour du Soleil circulent huit planètes principales placées à des distances fort inégales. Sur ces huit planètes, six ont des satellites, c'est-à-dire qu'elles sont à leur tour centres de petits systèmes reproduisant le monde solaire en miniature. Ainsi la Terre a un satellite, la Lune; Mars en a deux, Jupiter quatre, Saturne huit, Uranus quatre et Neptune, la plus éloignée de toutes, en a un. Ce qu'il y a de frappant dans ce système, ce qui en constitue l'originalité, c'est que le Soleil tourne sur lui-même comme un toton, de droite à gauche, et que toutes les planètes sans exception se meuvent autour de lui, dans le même sens, presque dans le même plan, celui de la rotation du Soleil, et décrivent des orbites presque exactement circulaires.

Ne dirait-on pas qu'un vaste mouvement gyratoire anime tous ces corps, et que les systèmes secondaires de la Terre,

de Mars, de Jupiter, etc., sont de petits tourbillons nageant dans le premier ? Telle a été la pensée de Descartes. Il s'est trompé, soit; mais, si le système solaire ne constitue pas actuellement

Fig. 1.

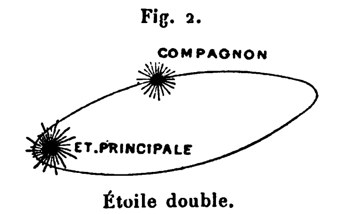


un tourbillon, il a été constitué, à l'origine, par un mouvement de ce genre dans la nébuleuse qui lui a donné naissance.

Les étoiles doubles et triples forment aussi des systèmes dans lesquels une ou deux petites étoiles circulent autour d'une étoile beaucoup plus grosse (en certains cas les deux

composantes sont égales) dans des orbites fermées. Encore quelques milliers d'années et ces petites étoiles satellites s'éteindront : elles passeront à l'état de planètes froides et obscures comme les nôtres. Ces systèmes-là sont-ils donc semblables au nôtre? Nullement. Voici la figure d'un de ces systèmes (*fig.* 2). Vous voyez combien l'orbite du compa-

Fig. 2.



Étoile double.

gnon est excentrique, tandis que les orbites de nos planètes et de leurs satellites sont presque exactement circulaires. Tous ces systèmes dérivent bien de nébuleuses tourbillonnaires; mais, je le répète, il faut que, dans celle qui a donné naissance à notre monde, le mouvement gyratoire se soit régularisé au point d'aboutir à l'admirable spectacle qu'il nous offre aujourd'hui.

Supposons que, sous l'action d'une certaine cause dont nous parlerons tout à l'heure, les spires d'une de ces nébuleuses tourbillonnantes que je viens de vous montrer se soient régularisées et transformées en anneaux nébuleux concentriques, animés d'un mouvement de rotation commun.

Je me hâte de vous montrer qu'il existe effectivement dans le ciel des objets de ce genre, bien qu'ils soient des plus rares. Voici la nébuleuse annulaire de la Lyre. Tout à l'heure, je vous en ferai voir de mieux caractérisés dans notre propre monde solaire.

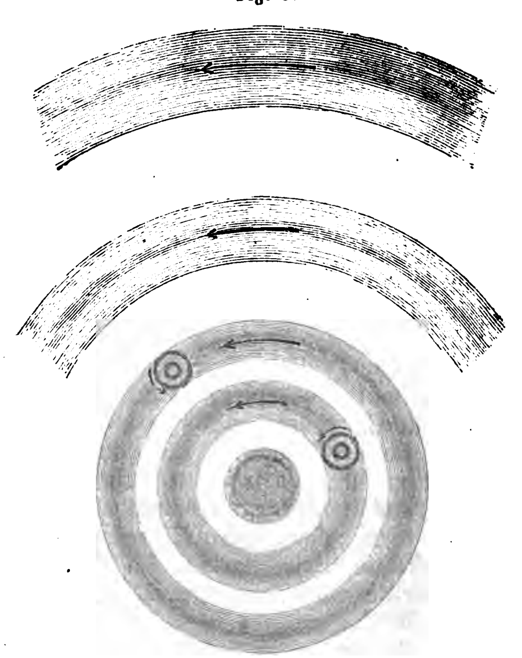
S'ils sont rares, c'est qu'en général ils ne possèdent pas par eux-mêmes une grande stabilité. Ce n'est qu'une forme de transition. En effet, en vertu des différences de vitesse linéaire qui y règnent et de l'attraction mutuelle de leurs parties, la moindre cause y amènera des tourbillonnements qui, forcés de suivre à peu près la même route avec des vitesses un peu différentes, se rejoindront et se confondront en une masse nébuleuse unique où s'absorbera peu à peu toute la matière de l'anneau. Cette masse nébuleuse, animée d'une gyration de même sens que celle de l'anneau, donnera à son tour naissance à une planète entourée de satellites circulant dans le même sens et dans le même plan.

La projection que voici fera mieux comprendre ces formations successives (*fig.* 3). Vous y voyez une série d'anneaux nébuleux comme celui de la Lyre. Dans quelques-uns d'entre

eux se manifeste déjà la condensation tourbillonnaire qui aboutira à un ensemble de planètes.

En même temps l'énorme quantité de matériaux qui, au sein de la nébuleuse primitive, ne se trouvaient pas engagés dans les anneaux, iront peu à peu se réunir au centre, très lentement d'abord, plus tard très vite; ils donneront naissance à un globe central, le Soleil, tournant sur lui-même dans le même sens et dans le même plan que les planètes.


Fig. 3.



Voyons donc comment un lent mouvement tourbillonnaire plus ou moins confus aura pu se régulariser au point de donner naissance à ces anneaux circulaires, concentriques et situés tous sur un même plan.

Il faut et il suffit pour cela que la nébuleuse solaire ait été primitivement sphérique et homogène comme l'une de celles que je vous ai montrées tout à l'heure. Dans un pareil amas de matière, la pesanteur interne, résultant des forces attractives de toutes les molécules, varie en raison directe de la distance au centre. Les particules ou les petits corps qui se meuvent dans un tel milieu, dont la rareté est inimaginable, décrivent nécessairement des ellipses ou des cercles autour du centre, *dans le même temps*, quelle que soit leur distance à ce centre. Dès lors l'existence d'anneaux tournant tout

d'une pièce, d'un même mouvement de rotation, est parfaitement compatible avec ce genre de pesanteur, et si un mouvement tourbillonnaire a préexisté, quelques-unes de ses spires, assez peu différentes de cercles, auront dû peu à peu, par la faible résistance du milieu, se convertir spontanément dans l'ensemble d'anneaux précédemment décrits.

Faisons un pas de plus. Nous avons vu que ces anneaux tendent généralement à se défaire et à former ainsi une masse sphérique nébuleuse qui finit par ramasser tous les matériaux de l'anneau. Or ces nébuleuses secondaires se trouvent nécessairement animées d'une rotation de même sens que celle des anneaux. Il s'y passera donc des phénomènes en tout semblables à ceux de la nébuleuse primitive, c'est-à-dire qu'elles se résoudront en anneaux concentriques, puis en un globe central. A leur tour, ces anneaux se condenseront en d'autres globes très petits, satellites circulant autour de chaque planète, toujours dans le même sens, tandis que la planète tournera sur elle-même précisément dans ce sens et dans le plan de ces anneaux secondaires.

Messieurs, vous allez voir que les choses ont dû se passer ainsi. Par une circonstance bien heureuse, quelques anneaux du petit système secondaire de Saturne ont échappé à la destruction et n'ont pas formé de satellites. Les voici : j'attribue leur maintien à la minceur extrême de ces anneaux et à leur gyration très rapide (*fig.* 4).

Fig. 4.



Saturne.

Nous aurions terminé l'explication du monde solaire, si ce système ne présentait une particularité frappante, qui semble être en contradiction complète avec ce qui précède. Sur les huit grandes planètes circulant autour du Soleil, six ont des satellites et forment ainsi des mondes secondaires, véri-

tables miniatures du monde solaire qui les comprend. D'après ce qui précède, toutes les rotations, toutes les circulations devraient être de même sens, et qui plus est *directes*. Or, dans les deux mondes secondaires les plus éloignés, ceux d'Uranus et de Neptune, les rotations et les circulations des satellites sont de sens opposé, c'est-à-dire *rétrogrades*.

Faut-il croire que la théorie que je viens de vous exposer soit fausse? Non, mais elle est incomplète. Nous touchons ici à un point des plus intéressants dans l'histoire des sciences. Newton et Laplace croyaient que toutes les rotations, toutes les circulations devaient être de même sens. Laplace est allé plus loin : il a appliqué à cette question le Calcul des probabilités. En tablant sur les planètes et les satellites connus de son temps, son analyse montre que, si l'on venait à découvrir un nouveau satellite ou une nouvelle planète, il y aurait des milliards à parier contre un que la circulation de ce satellite ou la rotation de cette planète serait directe, comme toutes les autres. Et il ajoute que cette probabilité est bien supérieure à celle des événements historiques que nous acceptons avec la plus entière confiance. L'étude des satellites d'Uranus et la découverte du système de Neptune n'ont pas tardé à réduire à néant cette probabilité et la célèbre cosmogonie de Laplace. En effet, celle-ci fait dériver toutes les planètes du Soleil par un procédé ingénieux, mais qui ne peut donner que des rotations de planètes et des circulations de satellites de même sens d'un bout à l'autre du système solaire, tandis qu'elles sont en réalité directes dans la première moitié et rétrogrades dans la seconde.

Complétons actuellement notre théorie. Dans la nébuleuse primitive, homogène et sphérique, où la présence d'anneaux circulant autour du centre ne devait rien changer à la loi de la pesanteur interne, nous avons vu que cette pesanteur variait en raison directe de la distance au centre. Mais, plus tard, le Soleil s'est formé par la réunion de tous les matériaux non engagés dans ces anneaux; il a fait le vide autour de lui. Alors la loi de la pesanteur à l'intérieur du système ainsi modifié a été toute différente. Sous l'action de la masse prépondérante du Soleil (celle des anneaux n'en était pas la 700ᵉ partie), la pesanteur interne a varié, non en raison directe de la distance, mais en raison inverse du carré de la distance au centre, et tel est aujourd'hui l'état des choses.

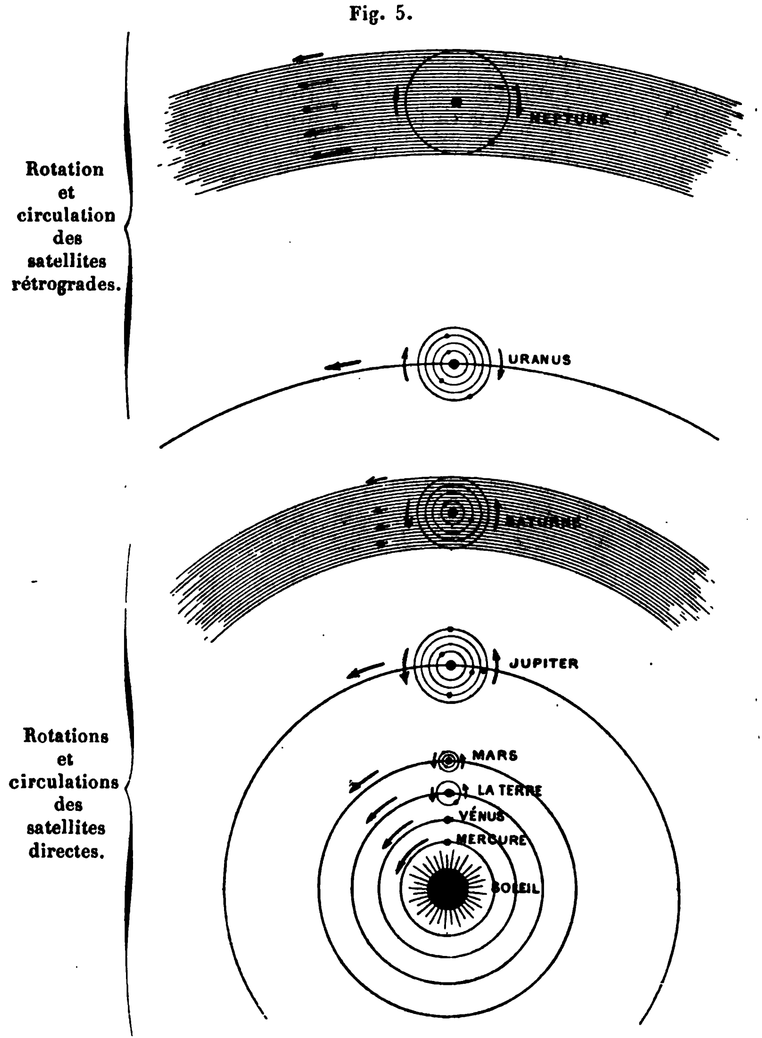
Dans ce dernier cas le mode de rotation d'un anneau de matière diffuse change du tout au tout. Hâtons-nous de dire que ce changement n'empêchera pas l'anneau de subsister. La meilleure manière de le prouver, ce serait de remettre sous vos yeux les anneaux de Saturne.

Mais, tandis que, sous l'empire de la première loi de la

pesanteur, les vitesses linéaires de circulation dans ces anneaux croissaient en raison de la distance, sous l'empire de la deuxième, ces vitesses décroissent au contraire en raison de la racine carrée de cette même distance.

La figûre suivante montre, du prémier coup d'œil, l'opposi-

Fig. 5.



tion des conséquences de ces deux modes de circulation (*fig.* 5). Pour le premier, lorsque l'anneau dégénérera en un système secondaire, c'est-à-dire en une nébuleuse avec ses anneaux intérieurs, et finalement en une planète avec ses satellites, la rotation de la planète et la circulation des satellites seront

de même sens que le mouvement de l'anneau générateur, c'est-à-dire en sens direct. Pour le deuxième mode, le système secondaire ainsi formé sera rétrograde ([1]).

Que conclure de là ? C'est évidemment que les planètes comprises dans la région centrale, la région la plus étroite de la nébuleuse, depuis Mercure jusqu'à Saturne, se sont formées sous l'empire de la première loi, lorsque le Soleil n'existait pas encore ou n'avait pas acquis une masse prépondérante, et que les planètes comprises dans la région extérieure, de beaucoup la plus large, se sont formées lorsque le Soleil existait déjà.

Si donc on découvrait un satellite à Vénus, il serait direct. Si l'on découvrait une planète au delà de Neptune, sa rotation et ses satellites seraient rétrogrades.

Nous voici finalement arrivés à une conséquence d'un haut intérêt : la Terre est beaucoup plus ancienne que le Soleil. S'il en était autrement, si, comme le voulait Laplace, sa formation avait été bien postérieure à celle du Soleil, tout serait changé dans l'aspect du ciel : les astres se lèveraient à l'ouest et se coucheraient à l'est; la Lune serait animée d'un mouvement rétrograde comme les satellites d'Uranus et de Neptune. Ajoutons qu'elle était alors plus éloignée du centre qu'aujourd'hui; car, lorsque les matériaux placés hors de l'orbite terrestre en ont franchi la sphère pour se réunir à l'intérieur et

([1]) Laplace supposait que dans les anneaux nébuleux dérivés du Soleil (d'après son hypothèse cosmogonique), anneaux qui auraient appartenu au deuxième mode puisqu'ils devaient être extérieurs au Soleil, le frottement des diverses couches concentriques aurait opéré comme dans l'atmosphère d'une planète, laquelle finit par tourner tout d'une pièce avec le globe central. De la sorte, l'anneau aurait pris les allures de ceux du premier mode, c'est-à-dire d'une rotation; ses couches marginales extérieures auraient eu des vitesses linéaires supérieures à celles des couches plus rapprochées du centre, et sa condensation aurait donné lieu à des satellites directs. Il est facile de montrer que cette manière de voir n'est pas tout à fait exacte (comme preuve de fait, il suffira de citer les anneaux de Saturne). Les couches d'une atmosphère pèsent les unes sur les autres; de plus, les couches extérieures ne résistent que par leur inertie à la communication du mouvement rotatoire qui tend à s'établir entre le globe central et les couches extrêmes de son atmosphère. Mais dans un anneau nébuleux, les couches concentriques ne pressent pas les unes sur les autres comme dans une atmosphère, car elles circulent chacune en vertu de la vitesse propre à sa distance au Soleil. De plus, le retard des couches situées près du bord extérieur sur les couches internes ne tient pas à leur inertie, mais aux lois mêmes de leur mouvement. Si donc le système solaire avait été formé conformément à l'hypothèse de notre grand géomètre, toutes les planètes circuleraient bien autour du Soleil dans le sens direct, mais leurs rotations et leurs satellites seraient rétrogrades.

former le Soleil, lorsque l'attraction de celui-ci est devenue prépondérante, la circulation de toutes les planètes intérieures à l'orbite d'Uranus s'est accélérée. Ces planètes se sont rapprochées du Soleil en même temps que leurs satellites s'éloignaient un peu d'elles. Finalement l'état actuel s'est trouvé réalisé avec la stabilité qui le caractérise, lorsque la masse du Soleil, devenue énorme, n'a plus rien eu à soutirer de la nébuleuse primitive et a achevé de faire le vide autour de lui.

J'aurais voulu développer davantage les conséquences de cette théorie et vous parler surtout du monde des comètes, restes épars de la nébuleuse primitive, qui se trouve si curieusement superposé à celui des planètes. Les comètes n'ont pas fait partie tout d'abord des anneaux; et, plus tard, elles ont esquivé l'absorption par le Soleil. Mais je craindrais d'abuser de l'attention que vous avez bien voulu m'accorder jusqu'ici.

Je me bornerai donc à résumer en quelques mots la théorie précédente.

L'Univers a été tiré du chaos, c'est-à-dire d'amas informes de matériaux excessivement rares, occupant des espaces immenses et animés de mouvements de translation en sens divers, qui ont divisé le chaos général en lambeaux séparés. C'est par la condensation progressive de ces lambeaux de nébuleuses chaotiques vers certains centres d'attraction que se sont formées les étoiles innombrables. Leur incandescence vient de la chaleur développée dans l'acte de leur formation. Leur provision de chaleur est limitée; elles finiront par s'éteindre. Ces idées-là sont généralement acceptées. Ce qu'il y a de nouveau dans cette conférence, c'est la formation du système solaire.

Parmi tous les systèmes, variés presque à l'infini, auxquels cette condensation du chaos primitif a donné lieu, le système solaire se présente comme un cas très particulier. La nébuleuse primitive qui lui a donné naissance était sphérique et homogène. En se séparant des autres parties, elle avait emporté avec elle des traces d'un lent mouvement tourbillonnaire. Ces gyrations se sont bientôt régularisées, grâce à la loi particulière de la pesanteur interne résultant de sa forme et de son homogénéité. Des anneaux nébuleux se sont formés ainsi dans un même plan bien avant l'apparition d'une condensation centrale. Ils ont donné naissance à des masses nébuleuses se mouvant toutes dans ce plan, dans le même sens et dans des orbites circulaires, autour de leur centre commun.

Les systèmes secondaires formés par le même procédé dans ces nébuleuses partielles se séparent nettement en deux catégories. Ceux qui ont précédé la formation du Soleil tournent sur eux-mêmes en sens direct; tandis que les systèmes secon-

daires, les plus éloignés, postérieurs à la formation du Soleil, tournent en sens rétrograde. Ces phénomènes si singuliers que présente notre système solaire, par une exception bien rare sans doute dans l'Univers, sont donc des conséquences naturelles des données premières et des lois de la Mécanique.

Encore quelques mots sur ce sujet. Descartes et tous ceux qui ont tâché d'expliquer l'Univers débutent, implicitement ou explicitement, par l'hypothèse d'une puissance créatrice; car ils prennent pour point de départ un état de choses, le *chaos*, dont il est impossible de rendre compte par les lois de la nature. Parmi ces lois, la principale, l'attraction universelle, est précisément l'opposé de toute tendance à la diffusion de la matière. D'ailleurs le chaos n'est pas chose aussi simple qu'on pourrait le croire de prime abord. Il contenait, à l'état d'énergie de position, toutes les énergies passées et présentes de l'Univers sous quelque forme qu'elles se manifestent aujourd'hui, lumière, mouvement ou chaleur, même celle que j'utilise en levant le bras devant vous ou en produisant devant vous ma pensée par des paroles. Or, dans la vie de l'Univers et de notre propre monde solaire, une faible partie de cette énergie est conservée indéfiniment, sous forme de mouvement, là où un certain état de stabilité s'est trouvé réalisé; le reste est l'objet d'une effroyable déperdition. Ainsi, pour ne parler que du Soleil, sur 67 millions de rayons de lumière et de chaleur que cet astre envoie dans l'espace indéfini, un seul est reçu et utilisé par les planètes qui circulent autour de lui. Or, bien que le pouvoir de pénétration de nos yeux ait été centuplé par l'invention des lunettes et la construction des grands télescopes, il nous est impossible de dire ce que devient cette énergie qui file incessamment dans l'espace sous forme de lumière et de chaleur, et comment elle pourrait d'elle-même converger, en d'autres régions, vers d'autres matériaux. Il faut donc ici, comme dans toutes les questions d'origine, débuter par une hypothèse et demander à Dieu, comme le fait Descartes, la matière disséminée et les forces qui la régissent.

Messieurs, permettez-moi de finir comme j'ai commencé, en rendant hommage à ce grand homme. Le premier il a considéré l'Univers comme le simple effet des forces de la nature agissant sur le chaos primordial. Cinquante ans plus tard Newton, malgré tant de progrès accomplis, méconnaissait cette vérité et déclarait que l'arrangement du monde solaire était inintelligible pour nous; à ses yeux il ne se rattachait à aucune cause mécanique. Si Descartes s'est exagéré le rôle de ses tourbillons, il n'en est pas moins vrai que cette notion de haute mécanique, introduite par lui et trop négligée depuis, joue encore un rôle considérable dans nos théories sur la nature terrestre. On vient de voir quelle part considé-

rable ont eue ces tourbillons dans la formation de l'Univers. Par l'effort puissant de Descartes, la Philosophie s'est délivrée des lisières auxquelles elle avait fini par s'habituer. Il a assujetti la Géométrie à l'Analyse et ouvert ainsi une voie féconde, brillamment parcourue par les géomètres du continent, alors que Newton, voulant soumettre l'essor de son propre génie aux formes étroites de l'antique synthèse, a condamné pour longtemps l'analyse moderne à la stérilité dans son pays. Enfin Descartes a, le premier, rompu avec l'ancienne Physique et esquissé les théories qui, pour la chaleur et la lumière, remplacent aujourd'hui celles de Newton et de ses successeurs.

Newton est mort chargé d'ans et d'honneurs. L'Angleterre, considérant sa mort comme une calamité publique, lui a fait des funérailles royales; elle a inscrit sur sa tombe cette belle et juste épitaphe :

FÉLICITEZ-VOUS, MORTELS, QU'UN TEL HOMME AIT EXISTÉ
POUR L'HONNEUR DU GENRE HUMAIN.

Descartes est allé mourir loin de son pays. On lui a érigé bien tardivement une statue à Tours, mais l'inscription mal choisie qu'on y a placée :

COGITO, ERGO SUM,

donne à croire aux bonnes gens de la province que c'est la statue d'un sieur *Cogito*. Là n'est pas sa place. Pour ce génie si éminemment français, c'est ici, dans la capitale de la France, au milieu de la cour de la nouvelle Sorbonne, qu'il faudrait l'ériger avec cette inscription :

A RENÉ DESCARTES
LE RÉFORMATEUR DE LA PHILOSOPHIE
L'INSPIRATEUR DE LA SCIENCE MODERNE.

Application du système des trajectoires à la détermination, par une seule observation et sans chronomètre, du temps sidéral, de la latitude d'un lieu et de l'orientation exacte de tous les points du tour d'horizon;

Par M. Ch. ROUGET, Inspecteur général des Finances.

J'ai eu l'honneur d'exposer, dans le *Bulletin de l'Association scientifique* du 6 mars 1881 (n° 49), la théorie des trajectoires de vision simultanée d'un même phénomène d'Astronomie solaire : j'ai choisi les plus simples de ces phénomènes, savoir deux étoiles dans le même vertical ou deux étoiles à la même hauteur au-dessus de l'horizon.

Ces trajectoires sont des lieux géométriques, et ces lieux

géométriques sont de grands cercles parfaitement définis sur la terre.

J'ai cherché depuis à construire deux nouveaux instruments, pouvant donner, dans la même lunette, l'image des deux étoiles, rigoureusement superposées au moment précis du phénomène, et je crois y avoir réussi, avec le concours très dévoué et très éclairé de MM. Brosset frères, constructeurs à Paris.

Je ne parlerai ici que de l'instrument des mêmes hauteurs simultanées, parce qu'il me paraît susceptible d'applications journalières très utiles et que l'addition d'une division azimutale, bien faite, m'a donné des résultats nouveaux : d'ailleurs l'observation est simple et facile.

Le seul fait d'observer *à la fois* deux astres doués de mouvements différents devait nécessairement fournir une équation de condition *toute résolue,* entre les éléments des deux astres : c'est ce qui s'est produit.

D'où il résulte que, si l'on peut mesurer, soit la hauteur commune des deux étoiles, soit leur différence d'azimut, au moment du phénomène, *une seule observation suffit* pour avoir immédiatement la latitude du lieu, l'heure sidérale actuelle et l'orientation de l'instrument.

On se trouve en présence d'un triangle sphérique rectangle dont les côtés sont : 1° la distance du zénith du lieu à l'équateur, comptée sur le méridien ; elle est égale à la latitude du lieu ; 2° la différence des heures sidérales du phénomène pour le parallèle où l'on se trouve, et pour l'équateur, c'est-à-dire l'arc d'équateur compris entre le méridien du lieu et le nœud de la trajectoire ; 3° l'hypoténuse de ce triangle rectangle, c'est-à-dire la distance du zénith du lieu au nœud de la trajectoire, comptée sur cette trajectoire elle-même.

Les angles opposés aux côtés qui viennent d'être énumérés sont, dans le même ordre : 1° l'angle A_h, constante qui définit la trajectoire ; 2° l'azimut de la trajectoire au lieu de l'observation ; 3° l'angle droit.

Or nous allons chercher à calculer l'hypoténuse de ce grand triangle, et le problème sera résolu par des formules finales très simples [1].

Revenons aux deux étoiles observées ε'' et ε'.

Menons le grand cercle qui les unit : c'est la trajectoire de même verticalité ; elle coupe l'équateur en T_v, à l'heure sidérale $\theta_{\varepsilon v}$, et fait l'angle A_v.

Soit $\frac{1}{2}\Delta$ la demi-distance entre les deux étoiles : on la calcule facilement en fonction de ces données.

---

[1] *Voir* pour toutes les formules les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences ;* 1881, n°s 1 et 2 ; 1882, juillet, n° 3 ; 1884, n°s 4 et 5.

Au point m, milieu de l'arc $\varepsilon''\varepsilon'$, menons le grand cercle qui lui est perpendiculaire, nous aurons la trajectoire de même hauteur qui coupe l'équateur en T_h, à l'heure sidérale $\theta_{\varepsilon v}$, et fait l'angle A_h.

J'appellerai le triangle rectangle $T_v m T_h$ le triangle fondamental des deux trajectoires du couple d'étoiles considéré. Dans ce triangle on a facilement la valeur de l'arc mT_h : c'est la première partie de l'hypoténuse que nous cherchons.

Au delà du point m ou en deçà, suivant les cas, se trouve le zénith z du point d'observation, sur le parallèle de latitude l. Il ne reste plus à évaluer que cette seconde partie mz de l'hypoténuse en question.

Or nous avons un triangle $z\varepsilon''\varepsilon'$, qui est isoscèle, puisque les distances zénithales $z\varepsilon''$, $z\varepsilon'$ des deux étoiles sont égales par hypothèse; donc la trajectoire divise bien en deux parties égales au point z la différence d'azimut des deux étoiles; donc il suffit de calculer un des deux petits triangles rectangles égaux $zm\varepsilon''$ ou $zm\varepsilon'$, qui ont pour base $\frac{1}{2}\Delta$.

L'instrument nous donne, comme on le verra ci-après, l'angle $\varepsilon'' zm$; donc le triangle est résolu, et l'on a zm. A la mer, où l'on n'aura pas l'angle $\varepsilon'' zm$, on pourra mesurer, au sextant, la distance zénithale commune $z\varepsilon' = z\varepsilon''$, et l'on aura également le moyen de calculer zm.

L'instrument qui donne la réunion des images des étoiles au même point, dans la lunette, comporte essentiellement un miroir vertical, monté sur centre, avec niveau et vis calantes. Il y a, de plus, une lunette tournant sur le même centre, avec mouvement indépendant et mouvement dans un plan vertical; elle est placée de telle façon que son axe optique passe toujours par le milieu du bord central vertical du miroir, tandis que l'arête de ce bord se confond avec l'axe de rotation de l'appareil entier. Il suit de là que la moitié de l'objectif a vue sur le miroir et l'autre moitié sur le ciel.

Le principe utilisé est très simple : tout rayon émis, traversant la lunette et réfléchi sur le miroir, dans un azimut quelconque, fait, par son prolongement inférieur, le même angle avec le plan horizontal qu'au départ, et le plan du miroir est bissecteur des azimuts du rayon émis et du rayon réfléchi.

Il résulte de ceci que si deux étoiles ont, à un moment donné, même hauteur au-dessus de l'horizon, il y a une position du miroir où l'on verra leurs images se confondre à la croisée des fils de la lunette : et le plan du miroir est celui de la trajectoire elle-même; il fait avec le méridien du lieu un angle donné par la formule $\sin A_z = \frac{-\cos A_h}{\cos l}$. Si les étoiles sont de mouvements différents, le phénomène se produit très rapidement.

En second lieu, le plateau horizontal tournant, qui porte le miroir vertical, a une division azimutale : le plan du miroir passe par le zéro de cette division, à laquelle il est invariablement fixé.

La lunette est montée sur l'autre cercle concentrique, qui porte le vernier; le zéro de celui-ci est dans le plan vertical d'observation.

Alors l'angle lu, compris entre le zéro du vernier et le zéro du limbe, est égal à la moitié de la différence des azimuts des astres observés; au moment où ils ont même hauteur, l'angle lu est une fonction résolue numériquement des inconnues du problème, comme on l'a vu ci-dessus : on déduit donc de là l'arc mz.

La verticalité du miroir se reconnaît :

1° A ce que l'image d'un objet fixe, vu par réflexion, doit rester à la croisée des fils, quelles que soient les positions respectives de la lunette et du miroir;

2° A ce que la lecture du demi-azimut doit être reconnue exacte dans un lieu dont on connaît la latitude.

Enfin l'erreur inévitable, rendue très petite, peut être appréciée par des observations *croisées*, c'est-à-dire dont l'une présente à la vision *directe* de la lunette l'étoile ascendante, et l'autre présente l'étoile descendante.

Il est clair que, si le miroir penche, par le haut, du côté de l'observateur, le rayon réfléchi sera dirigé *trop bas,* et l'on verra *trop tard,* par réflexion, l'étoile descendante si l'on vise directement l'étoile ascendante, et trop tôt l'étoile ascendante si l'on vise directement l'étoile descendante : les résultats seront donc entachés d'erreurs de signes contraires.

Enfin on voit que, l'instrument étant fixé, sauf le cercle de la lunette, comme on connaît, après le calcul de l'observation, l'azimut de la trajectoire, qui passe dans le zéro du limbe, on en déduit la constante d'erreur d'orientation de l'instrument.

On peut faire remarquer, géométriquement, que la variable employée ici, pour déterminer la latitude, est bien plus sensible que celle en usage dans les observations méridiennes : car l'erreur commise sur l'appréciation de la hauteur du Soleil ou d'une étoile se reproduit dans celle de la latitude, tandis que d'un parallèle à son voisin, l'arc de trajectoire intercepté, *incliné sur eux,* peut avoir des valeurs assez différentes, et *dans tous les cas plus grandes* que l'arc de méridien qui mesure la différence des latitudes.

On pourrait même ne faire construire qu'un centre et un plateau fixe avec une division azimutale, et un miroir vertical tournant avec vernier concentriquement à ce limbe. Mais alors, si l'on ne connaissait ni le temps sidéral ni la latitude du lieu, il faudrait deux observations; seulement elles pourraient se

faire avec un binocle tenu à la main, et, au lieu d'employer le temps écoulé entre les deux phénomènes, comme je l'ai indiqué anciennement, il suffirait de lire à chaque observation l'azimut indiqué par le vernier, car *la différence* de ces deux azimuts est la même que celle présentée par la deuxième trajectoire et une trajectoire de même azimut que la première, vue au moment de la deuxième observation, l'instrument ayant été laissé en station, sans changement d'une observation à l'autre. En effet, connaissant $\frac{1}{2}(Az_1 - Az_2)$ on obtient facilement, par la formule

$$\operatorname{tang}\tfrac{1}{2}(Az_1 + Az_2) = \frac{\operatorname{tang}\frac{1}{2}(A_1 + A_2)\operatorname{tang}\frac{1}{2}(A_1 - A_2)}{-\operatorname{tang}\frac{1}{2}(Az_1 - Az_2)},$$

les valeurs de Az_1 et Az_2, c'est-à-dire tout ce qu'il faut pour résoudre le problème.

Je ne saurais trop engager les amateurs d'Astronomie à calculer quelques-uns de ces phénomènes et à établir, même grossièrement, un plan horizontal, sur lequel on ferait évoluer un miroir vertical à faces parallèles : ils seront surpris de la précision des résultats obtenus et de la facilité de l'observation.

La verticalité du miroir peut s'obtenir, à peu près, soit au moyen de l'image d'un fil à plomb vu dans la glace, sous diverses incidences, soit au moyen de l'image réfléchie d'un rayon solaire tombant à un moment donné sur un petit espace de la tranche du miroir; en faisant tourner celui-ci autour de ce bord vertical, on doit obtenir un demi-cercle lumineux sur le sol; si le miroir n'est pas vertical, ce sera une ellipse : donc l'excentricité varie très vite, pour peu que le miroir soit placé un peu plus haut et que le Soleil ne soit pas élevé sur l'horizon.

Nouvelle manière de creuser des puits dans des terrains aquifères et mouvants.

Quand on essaye de creuser un puits de la manière ordinaire dans des couches aquifères de gravier, de sable et de vase, c'est-à-dire en extrayant les matières solides à la main et en pompant l'eau pour conserver le fond à sec, il arrive que, lorsqu'on a atteint une certaine profondeur, l'eau qui jaillit à travers le fond entraîne avec elle des matières solides aussi rapidement qu'on peut les enlever, et que la continuation des travaux de fonçage est complètement arrêtée. En pareilles circonstances, il est nécessaire de recourir à certaines méthodes spéciales de creusement, dont deux ont été jusqu'à présent employées avec plus ou moins de succès. Dans l'une de ces méthodes, le revêtement du puits consiste en un cylindre étanche en fer pourvu d'un couvercle fermant hermétique-

ment. Quand on continue l'excavation au-dessous du niveau naturel de l'eau, on introduit dans l'intérieur du puits de l'air comprimé, de manière à refouler l'eau et à laisser le fond à sec. Les ouvriers peuvent alors aller au fond et enlever à la main les matières solides aussi facilement que si le terrain n'eût naturellement pas contenu d'eau. Le cylindre de revêtement s'enfonce à mesure qu'on dégage sa base et on l'allonge par le haut suivant les besoins. On augmente graduellement la pression de l'air à mesure que la profondeur augmente, mais malheureusement l'opération ne peut se poursuivre au delà de 3^{atm} sans que la santé des ouvriers ait à en souffrir. Quand la profondeur du terrain aquifère mouvant dépasse la limite représentée par une pression de 3^{atm}, il faut recourir à la seconde méthode.

Dans ce cas, on laisse l'eau prendre son niveau naturel dans le puits et les matières solides sont retirées du fond avec une drague tournante. Le revêtement consiste en un cylindre en maçonnerie ou en fer garni d'un sabot ou couronne tranchante en fer; il s'enfonce d'abord en vertu de son propre poids, et on l'allonge par le haut comme dans le cas précédent; mais, au bout d'un certain temps, il devient généralement nécessaire de l'enfoncer de force au moyen de vérins et en le frappant à coups d'un instrument ressemblant à une sonnette. Quand on ne peut plus le faire s'enfoncer, on introduit dans l'intérieur un cylindre semblable d'un diamètre plus petit, on recommence la même série d'opérations, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on atteigne le terrain solide. Tout simple que ce dernier procédé puisse paraître, son application rencontre quelquefois des difficultés incroyables. Sur deux puits qui furent creusés dans 120^m environ de terrain du genre en question, aux houillères de la Prusse rhénane, près de Ruhrort, en Allemagne, l'un, commencé en 1857, n'était pas terminé au bout de dix-huit années de travail constant; l'autre, commencé en février 1867, n'a atteint le terrain solide qu'en juin 1872.

La nouvelle méthode de M. Poetsch est décrite par M. G. Hohler, dans le *Berg und Hüttenmannische Zeitung*. Elle consiste à congeler l'eau contenue dans la partie du terrain mouvant qui occupe la position du puits projeté, de manière à en faire un bloc solide de glace, puis à creuser à la main sans avoir d'eau à pomper. Pour cela on creuse un puits préliminaire de dimensions plus grandes que le puits projeté et allant jusqu'au niveau naturel de l'eau. Ensuite, tout autour du fond de ce puits on fore un certain nombre de trous verticaux espacés d'un mètre, et disposés de manière qu'ils traversent le terrain juste en dehors du revêtement du puits projeté. On en perce d'autres à la surface du fond de ce puits et un au milieu. Tous ces trous pénètrent jusqu'à la partie inférieure

du terrain mouvant. On les fait au moyen de la pompe à sable et on les garnit intérieurement de tubes en tôle de la manière ordinaire. Un petit tuyau de distribution circulaire, duquel partent de petits tubes en cuivre, est placé au fond du puits préliminaire. Un tube en cuivre s'étend jusqu'au fond de chaque trou, et chaque tube porte un robinet. A la surface sont disposées plusieurs machines à faire la glace du type carré. Le liquide destiné à circuler dans les trous et à produire la congélation consiste en une dissolution de chlorure de calcium et de chlorure de magnésium, dont le point de congélation est entre 35° et 40° C. Au moyen d'une petite pompe foulante on la fait circuler avec une vitesse telle qu'il sort du réservoir réfrigérant avec une température de 25° C. environ. Il descend dans le tuyau de distribution, passe dans les tubes de cuivre pour gagner le fond des trous, remonte en dehors des tubes de cuivre jusqu'au sommet des trous, s'échappe dans un tube collecteur, remonte à la surface, traverse le réservoir réfrigérant, et reprend ensuite sa route vers le fond du puits.

M. Poetsch estime que, dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire quand le cercle extérieur de trous peut être fait dans le sol en dehors du revêtement du puits projeté, l'opération de la congélation demandera de dix à quatorze jours. Quand on s'est assuré, par le moyen des trous, que le mur de glace est assez épais autour du puits projeté, on commence à creuser. La glace est taillée à la main et l'on fait descendre en même temps un cylindre en fer ou en maçonnerie. Le revêtement empêche le mur de glace environnant de crever en dedans et le fond ne peut pas éclater. M. Hohler a suivi personnellement les opérations de la nouvelle méthode au puits Archibald, qu'on creuse maintenant dans les gisements de lignite de Schneidlingen, en Allemagne. Le puits traverse un lit de sable mouvant de 4^{m} d'épaisseur. On a fait 23 trous en deux rangées près de ses côtés. La congélation était terminée le 10 août dernier et le sable mouvant était devenu une masse compacte, d'une telle dureté qu'il était impossible de la rayer avec l'ongle et que l'on eut bien de la peine à en faire sauter un éclat de 15^{mm}. On n'a pas encore de données suffisantes pour évaluer les frais d'application de ce procédé comparativement à ceux déjà connus, mais il semble que si l'opération de la congélation peut s'effectuer en deux ou trois semaines, ou même en quelques mois, elle aura l'avantage sur toutes les autres méthodes à ce point de vue dans presque toutes les circonstances. Son emploi se trouve aussi indiqué dans bien d'autres cas que M. Kohler passe sous silence dans son article, comme pour refouler et indiquer un afflux d'eau excessif dans les terrains solides, pour creuser des galeries horizontales et des tunnels dans la vase et le sable, etc.

Note sur la découverte d'un système géologique éruptif de la planète Mars;

Par Dom LAMEY.

Les observations que je poursuis depuis la fin de décembre dernier, sur les aspects physiques de la planète Mars, m'ont conduit à la constatation, selon moi indubitable, du système géologique complètement éruptif de ce monde voisin. Les continents de Mars sont couverts de cirques brillants, d'un très grand diamètre parfois, et comparables, comme aspect, à ceux de la Lune lorsqu'elle est dans son plein. Les circonvallations de ces cirques sont parfois assez élevées pour porter une ombre légère, ou du moins assez éclairées pour contraster avec le fond rouge du sol où elles se dessinent. Les parties sombres, considérées jusqu'à ces derniers temps pour être des océans ou des bras de mer, sont constituées par un système de proéminences hémisphériques, parfois cratériformes; elles sont habituellement situées sur le pourtour d'un grand cirque, ce qui explique ces formes en arc de cercle que ces prétendues mers affectent. Lorsque les plus importants de ces systèmes atteignent, par la rotation de la planète, la limite visible du disque, le centre de ces cirques paraît déprimé, tandis que les parties correspondantes de la circonvallation émergent sensiblement.

Comme tout ce qui est inattendu et contraire aux idées généralement en cours, cette découverte sera reçue, je n'en doute pas, avec une grande méfiance; elle le sera encore davantage si j'ajoute que ces observations ont été faites avec deux équatoriaux de 4 et 6 pouces; très difficiles avec ces instruments relativement petits, j'espère qu'elles ne tarderont pas à être vérifiées par les astronomes aréographes. En tout cas, je suis absolument certain de ce que j'avance.

M. Louis Figuier vient de publier à la librairie Hachette la vingt-septième année de l'*Année scientifique et industrielle*, ou Exposé des travaux scientifiques, des inventions et des principales applications de la Science à l'industrie et aux arts, qui ont attiré l'attention publique en France et à l'étranger pendant l'année 1883. Nous présenterons aux lecteurs du *Bulletin* quelques extraits de cette intéressante publication.

TABLE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE HUITIÈME VOLUME DE LA DEUXIÈME SÉRIE.

(Bulletins nos 184 a 209.)

TABLE ALPHABÉTIQUE PAR NOMS D'AUTEURS.

FIN DU TOME VIII DE LA 2e SÉRIE.

Le Gérant : E. Cottin,
A la Sorbonne, Secrétariat de la Faculté des Sciences.

9211 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.





